

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

II  
NOTA 1293 II

augustus 1981

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

WERKGROEP NOORD-HOLLAND

XXIX

CHLORIDEGEHALTEN VAN HET OPPERVLAKTEWATER IN NOORD-HOLLAND

BENOORDEN HET IJ EN HET NOORDZEEKANAAL

ing. C.G. Toussaint en J. Pankow

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

15N 197574-02 28 DEC. 1983



0000 0542 2965

## I N H O U D

	pag.
1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	1
2. GEBIEDSBESCHRIJVING	3
2.1. Ligging	3
2.2. Oppervlakte grond- en overig gebruik	3
2.3. Bodemkundige besteldheid	4
2.4. Waterhuishouding	5
3. ONDERZOEK	
3.1. Detailgebieden	6
3.2. Monsterplaatsen	7
4. VERWERKING RESULTATEN	18
4.1. Berekeningen	18
4.1.1. Chlorideconcentraties en indeling kwaliteits-	
klassen	18
4.1.2. Correlatie en regressie	20
4.1.3. Neerslag	21
4.2. Tabellen en figuren	21
5. BESPREKING RESULTATEN	23
5.1. De concentratie en het verloop van het chloride-ion	23
5.1.1. Kaarten met klasse-indeling	34
5.1.2. Verlooplijnen voor een aantal monsterplaatsen in	
boezem- en polderwater	40
5.2. Correlaties tussen de Cl-gehalten	42
5.3. Invloed van interne en externe zoutbronnen	44
5.4. De invloed van de hoeveelheid neerslag op het Cl-gehalte	45
5.5. Invloed van de Rijn op het chloridegehalte in de IJssel,	
in het IJsselmeer c.q. Markermeer	48

	pag.
6. SAMENVATTING	52
6.1. Algemeen	52
6.2. Chloridegehalten boezemwater	55
6.3. Chloridegehalten polderwater	56
6.4. Verloop chlorideconcentraties	58
6.5. Correlaties chloridegehalten	60
6.6. Invloed Rijn - IJssel, 'IJsselmeer' op Cl-gehalte	60
6.7. Invloed verzilting op gebruiksmogelijkheden van het oppervlaktewater	61
7. LITERATUUR	62
BIJLAGEN	64

## 1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

In het kader van het onderzoek naar de hydrologie en waterkwaliteit in Noord-Holland is onder meer aandacht besteed aan de verzilting met name aan de chlorideconcentraties in het boezem- en polderwater. Dit is op zich geen vreemde zaak, omdat chloride, zoals reeds uit vele onderzoeken is gebleken, voor een belangrijk deel kan bijdragen tot vermindering van de waterkwaliteit.

De ontwikkelingen, die vooral in de laatste decennia hebben plaatsgevonden, zoals bevolkingstoename en -dichtheid, voortschrijdende industrialisatie, uitbreiding en intensivering van de agrarische bedrijfstakken nopen tot blijvende aandacht voor het behoud van een goede waterkwaliteit. Inherent hieraan is het gebruik van het water voor diverse doeleinden waarbij het 'milieu' een belangrijke rol speelt met name voor recreatie en het behoud van natuurgebieden, waarvoor eveneens bepaalde kwaliteitseisen c.q. normen moeten worden gesteld. Grote hoeveelheden water zullen derhalve beschikbaar moeten zijn voor doorspoeling en het op peil houden van boezem- en polderwateren.

Ook in de provincie Noord-Holland vormt de bestrijding van de verzilting van het oppervlaktewater, veelal verlaging van de chlorideconcentraties, een punt van voortdurende zorg voor de waterbeheerders.

De verzilting kan worden veroorzaakt door externe omstandigheden en door interne bronnen. Externe verzilting vindt plaats via de sluizen van zee en van het Noordzeekanaal en het Binnen IJ als gevolg van lek- en schutzout alsmede door ingelaten 'IJsselmeerwater'.

Interne verzilting wordt veroorzaakt door kwel van diepe polders, door lozingen van koelwater, door lozingen van water uit gasbronnen, door lozingen van bronneringswater afkomstig van bepaalde werken, door lozing van huishoudelijk- en industrieel afvalwater en door bemesting in de land- en tuinbouw. Genoemde bronnen kunnen aanleiding geven tot verhoging van het chloridegehalte.

Ten behoeve van peilbeheersing en verversing wordt, hoofdzakelijk

in het groeiseizoen, grote hoeveelheden IJsselmeerwater ingelaten. De kwaliteit van dit water is mede bepalend voor die van het boezemwater. Dienaangaande kunnen de chlorideconcentraties in het oppervlaktewater en voornamelijk in de boezem in belangrijke mate worden beïnvloed door de Cl-gehalten, die in het IJsselmeerwater c.q. water van het Markermeer worden aangetroffen.

De chloridegehalten in het polderwater worden in belangrijke mate bepaald door onder andere de hydrologische omstandigheden ter plaatse. Om hier inzicht in te verkrijgen is een uitgebreid geo-hydrologisch onderzoek verricht, waaruit onder meer kon worden vastgesteld in welke polders c.q. gebieden en in welke mate kwel of wegzijging optreedt. De resultaten van het kwaliteitsonderzoek van het grondwater leverden een omvangrijke hoeveelheid chloridegegevens van het gehele onderzoeksgebied. Voor een aantal niveaus zijn isohalinenkaarten vervaardigd, waarvan chloridegehalten kunnen worden afgeleid. Een studie over de invloed van de gas- en koelbronnen op de chloridebelasting van het polderwater resulteerde bovendien in een groot aantal gegevens over het Cl-gehalte van het diepe grondwater (WIT, 1980; WITT, 1980; TOUSSAINT en BOOGAARD, 1978). Om een onderzoek, zoals in deze nota wordt beschreven, te kunnen uitvoeren is het gewenst en noodzakelijk de bronnen van verzilting te kennen.

De mate van verzilting is afhankelijk van de concentratie aan chloride-ionen en het verloop hiervan in een bepaalde periode. Dit is voor verschillende gebruiksdoeleinden van betekenis en wel in het bijzonder voor de in het gebied voorkomende tuinbouw, die hoge eisen stelt aan het chloridegehalte. In de boezemwateren wordt in het algemeen een gehalte nagestreefd van 250 mg chloride per liter, behoudens op plaatsen waar sterke invloed is van lek- en schutzout zoals bij het zuidelijk deel van de Zaan en in de omgeving van Den Helder, waarbij wordt gestreefd naar een maximum van  $500 \text{ mg.l}^{-1}$  (HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DE UITWATERENDE SLUIZEN IN KENNEMERLAND EN WESTFRIESLAND 1968-1979).

Voor het polderwater geldt, dat gestreefd wordt naar een aanvaardbaar Cl-gehalte voor het in het betreffende gebied voorkomende bodemgebruik. De eisen lopen uiteen van circa  $100\text{--}300 \text{ mg.l}^{-1}$  tot  $1000\text{--}1500 \text{ mg.l}^{-1}$  voor respectievelijk tuinbouw en akkerbouw of grasland. Een zo laag mogelijk Cl-gehalte is in het algemeen gewenst, mede gezien het

feit dat binnen een gebied verschillende bodemgebruiken naast elkaar kunnen voorkomen. Vooral in droge perioden, waarin extra water nodig is voor peilbeheersing van boezem- c.q. polderwater kan dit in verband met de in die periode beperktere doorspoelingsmogelijkheden problemen opleveren. Er bestaat dan ook behoefte aan kennis omtrent de grootte van en de variaties in het Cl-gehalte van het boezem- en polderwater en de bijdrage van de diverse zoutbronnen hieraan. Deze nota heeft tot doel om aan de hand van reeds bestaande- en door recent onderzoek verkregen gegevens een inzicht te krijgen in dit probleem.

## 2. GEBIEDSBESCHRIJVING

### 2.1. L i g g i n g

Het in het onderzoek beschouwde gebied wordt in het westen begrensd door de Noordzee, aan de zuidzijde vormt het Noordzeekanaal en het IJ de grens, de oostelijke grens wordt bepaald door de dijken langs het IJsselmeer, terwijl in het noorden het gebied aan de Waddenzee grenst. De beide eilanden Texel en Marken zijn niet opgenomen in het onderzoek. Er komen veel droogmakerijen voor, waarvan een aantal met name de Beemster, Heerhugowaard, de Purmer, de Schermer, Starnmeer, de Wijde Wormer en enige kleinere polders reeds enkele eeuwen geleden zijn drooggelegd. De Wieringermeer is vrij recent, namelijk omstreeks 1930, ingepolderd.

### 2.2. O p p e r v l a k t e g r o n d - e n o v e r i g g e b r u i k

De totale oppervlakte van het gebied bedraagt circa 190 000 ha, waarvan circa 112 000 ha cultuurgrond. Het boezem- en polderwater bestaat uit een oppervlakte van respectievelijk 3100 en 8200 ha. Een overzicht van de oppervlakten van het grondgebruik voor de verschillende bodemtypen wordt gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Overzicht oppervlakte cultuurgrond (bron: COMMISSIE WATER-  
VOORZIENING BENOORDEN HET NOORDZEEKANAAL, 1977)

	Totale oppervlakte boven het Noord- zeekanaal (ha)
Kleigrond:	
bouwland	23 370
grasland	42 819
Zandgronden:	
(bouw- en grasland)	11 955
Veengronden:	
hoog peil	17 032
laag peil	-
Tuinbouw volle grond	8 678
Bloembollen	6 964
Glastuinbouw	212
Braakland	789
Totaal	111 819

### 2.3. Bodemkundige gesteldheid

De ondergrond van Noord-Holland benoorden het IJ is zeer complex samengesteld. In de loop der tijden zijn verschillende marine-, glaci-ale- en fluviatiele sedimenten afgezet en vervolgens voor een groot deel geërodeerd door de opkomende Noordzee vanuit het westen en de Zuiderzee vanuit het oosten (POMPER, 1979).

Direkt achter de duinen liggen in de kop van Noord-Holland matig fijne zandgronden die geschikt zijn voor de bollenteelt, indien bere-ning of infiltratie mogelijk is. Ten zuiden van Petten vindt achter de duinen een grillige afwisseling plaats van zand- en kleigronden, die over het algemeen kalkarm zijn. In het gebied rond Schagen komen afwisselend oude en jonge zeekleigronden voor, vooral de jonge zee-kleigronden worden hier gebruikt voor de vollegrondstuinbouw, die ook vrij veelvuldig wordt uitgeoefend op de lichtere gronden kort bij de duinen ten zuiden van Alkmaar tot aan Beverwijk.

De oude zeekleigronden, die vooral worden aangetroffen in de

droogmakerijen, zijn in gebruik als grasland of bouwland. Hetzelfde bodemtype wordt gevonden in de grote droogmakerijen, met uitzondering van de Purmer. In het noordelijk deel van de Purmer komt ook de oude zeeklei voor. In het zuidelijk deel wordt kalkloze baggerkleigronden op veen en fijnzandige zandgronden aangetroffen. Deze polder ligt vrijwel geheel in grasland.

In Westfriesland worden de Westfriese zeekleigronden gevonden, welke sterk verschillen in slibgehalte. De humusrijke zavelgrond is goed geschikt voor de tuinbouw, al kan er in droge jaren droogteschade ontstaan. De humusrijke kleigronden worden vooral gebruikt voor grasland of bouwland en plaatselijk voor tuinbouw. Voor diepwortelende gewassen zijn deze gronden minder geschikt door het voorkomen van storende lagen.

Het oostelijk deel van Westfriesland en polder de Heerhugowaard is eveneens zeer geschikt voor tuinbouw. Vooral de lichtere zavelgronden worden ook gebruikt voor de bollenteelt; de zwaardere zavelgronden zijn veelal als grasland in gebruik.

Het zuidelijk deel van het onderzoeksgebied bestaat uit organische gronden. Meestal ligt hier een dunne kleilaag op de veenondergrond. In de kleine droogmakerijen komen restveengronden voor. Het gehele gebied is als grasland in gebruik.

De jongste polder, de Wieringermeer, is opgebouwd uit oude zeekleigronden, die variëren van zware klei tot zware zavel. Deze zavelige gronden worden gebruikt voor de bollenteelt, op de zwaardere gronden komt hoofdzakelijk bouwland en grasland voor (STIBOKA, 1954-1956).

#### 2.4. W a t e r h u i s h o u d i n g

Het merendeel van de hoeveelheid water, die het onderzoeksgebied van Noord-Holland hoofdzakelijk in het zomerhalfjaar nodig heeft voor peilbeheersing en doorspoeling, wordt ingelaten bij Lutje Schardam, Edam en Monnikendam (fig. 1). In het algemeen is er voldoende Markermeerwater van een redelijk goede kwaliteit voorhanden, uitgezonderd in de zeer droge zomers, zodat de boezem frequent kan worden doorgespoeld.



Het Noordhollandsch Kanaal vervult een belangrijke functie als transportweg van het boezemwater. Bij Den Helder wordt dit water uitgeslagen in de Noordzee, voor het zuidelijk deel van het gebied wordt boezemwater via de Zaan uitgeslagen op het Noordzeekanaal. De Wieringermeer heeft twee lozingspunten namelijk bij Medemblik en bij Den Oever; hier wordt voornamelijk kwelwater geloosd op het IJsselmeer. Een aantal kwelpolders lozen vrijwel het hele jaar door water op de boezem; de infiltratiepolders slaan hoofdzakelijk in de winterperiode water uit op de boezem. In de zomerperiode wordt vaak water ingelaten om het polderpeil te kunnen handhaven, vooral in tuinbouwgebieden is dit van groot belang.

In Noord-Holland liggen een groot aantal polders (circa 200) welke elk op zich een waterstaatkundige eenheid vormen en als zodanig een rol spelen bij de waterhuishouding van het gehele gebied. Al deze polders hebben een eigen polderpeil afhankelijk van de gewenste diepte van het grondwater, de doorlatendheid van het profiel en het bodemgebruik. De waterstaatkundige toestand en de geohydrologische omstandigheden veroorzaken grondwaterstromingen, die of een opwaartse richting hebben, waarbij dan kwel optreedt, of een naar beneden gerichte stroming, als gevolg, waarvan sprake is van infiltratie of wegzijging. De intensiteit van deze stromingen is dan uiteindelijk nog afhankelijk van de weerstand hiertegen in het afdekkend pakket en een verticale potentiaalgradiënt.

### 3. ONDERZOEK

#### 3.1. Detailgebieden

Om een goed inzicht te krijgen in het onderzoeksgebied is het onderverdeeld in zes detailgebieden (fig. 1a, 1b). Deze gebieden komen overeen met de indeling zoals PWS in het jaarverslag 1977 tot en met 1978 heeft weergegeven. Deze indeling is ontstaan door samenvoeging van gebieden, die in onderling overleg van PWS, US en ICW zijn gekozen en zoveel mogelijk is gebaseerd op de samenhang van de waterstaatkundige eenheden. Bij de keuze van de afzonderlijke gebieden is mede rekening gehouden met het gemiddelde stromingsbeeld en andere interne

omstandigheden, zoals grondgebruik en eventuele aanwezige verontreinigingsbronnen.

Er is voor de volgende indeling gekozen:

gebied A. Schermerboezem-Zuid en Waterland

gebied B. Schermerboezem-Midden

gebied C. Verenigde Raaksmats- en Nidorporkoggeboezem

Schagerkoggeboezem en Schermerboezem-West

gebied D. Schermerboezem-Noord

gebied E. boezem van het Amstelmeer en Wieringermeer

gebied F. Westfriesland

### 3.2. M o n s t e r p l a a t s e n

Door de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland (PWS) en de technische dienst van het hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland (US) wordt al reeds jaren lang het boezem- en polderwater bemonsterd en op chloridegehalte geanalyseerd. Door beide instanties wordt hierbij voor veelal dezelfde monsterplaatsen een eigen nummering aangehouden. In overleg met de betrokken instanties is bij de verwerking van de gegevens de nummering aangehouden, zoals deze door PWS wordt gehanteerd.

In deze nota zijn tevens de uitkomsten van de waarnemingen van de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (IRC), van de Rijncommissie Waterleidingbedrijven (RIWA) en van de Rijkswaterstaat (RWS) opgenomen. Het betreft hier chloridegehalten van het buitenwater, met name van de Rijn bij Lobith, van de IJssel bij Kampen en van het IJsselmeer en 'Markermeer'.

De gebruikte monsterplaatsen zijn dezelfde als die door PWS zijn aangehouden bij het verziltingsonderzoek en welke in de jaarverslagen worden vermeld. Bij dit verziltingsonderzoek wordt onderscheid gemaakt in het chloride-onderzoek van de Noord-Holland tochten, de zogenaamde simultaanontochten, en het frequentere chloride-onderzoek. Het simultaanonderzoek vindt reeds vele jaren plaats. Hierbij wordt drie maal per jaar, namelijk in maart, juli en november, bemonsterd op circa 75 plaatsen in het boezem- en op circa 240 plaatsen in het polderwater. Vanaf 1978 is het aantal monsterplaatsen in de boezem verminderd tot

16, in het polderwater echter vermeerderd tot totaal 270, terwijl het aantal bemonsteringen tot vier maal per jaar is opgevoerd namelijk in maart, mei, augustus en november. Voor het in deze nota beschreven onderzoek zijn chloridegehalten gebruikt over de periode maart 1959 tot en met maart 1979. De monsterplaatsen van het simultaanonderzoek zijn afzonderlijk genummerd en verschillen dus van het overige verziltingsonderzoek.

Voor de omschrijving van de monsterplaatsen van de Noord-Holland tochten kan worden verwezen naar het verslag over het onderzoek naar het zoutgehalte van de boezem- en polderwateren in Noord-Holland (PWS, 1977). De ligging van de punten is opgenomen in fig. 1a.

Op de overige monsterplaatsen loopt de frequentie van opnamen uiteen van éénmaal per dag tot 4 maal per jaar. Op 30 plaatsen in de boezem is zeer frequent bemonsterd namelijk dagelijks tot wekelijks. De overige 68 boezempunten zijn afkomstig van het 'verontreinigingsonderzoek' dat door PWS en US al reeds vele jaren wordt uitgevoerd. Hierbij werd behalve vele andere parameters bovendien het Cl-gehalte bepaald. De bemonsteringsfrequentie op deze plaatsen loopt uiteen van tweewekelijks tot circa 6 maal per jaar.

In het polderwater zijn 64 punten bemonsterd met een frequentie van opname van éénmaal per maand tot circa 4 keer per jaar. De monsterplaatsen zijn eveneens afkomstig van het verontreinigingsonderzoek en betreft circa 26 polders waaronder een aantal droogmakerijen alsmede de Wieringermeerpolder. Van het Noordzeekanaal zijn vier plaatsen opgenomen. Om een indruk te krijgen van het chloridegehalte van het buitenwater zijn tevens de analyses van het Rijnwater bij Lobith, van het IJsselwater bij Kampen en van 6 plaatsen in het IJsselmeer opgenomen, waarvan één bij Andijk en drie punten in het Markermeer. De bemonsteringsfrequentie van deze zogenaamde buitenpunten loopt uiteen van 12 tot 26 keer per jaar.

De resultaten van de frequentere opnamen is voor het boezemwater gebaseerd op gegevens over de periode april 1968 tot en met maart 1979; voor het polderwater vanaf oktober 1969 tot en met maart 1979; voor het Rijn - IJssel - IJsselmeerwater vanaf 1959 tot en met maart 1979. Het grootste aantal monsterplaatsen komt voor in de periode 1977-1979. De lokatie van de punten met frequentere opnamen is opgenomen

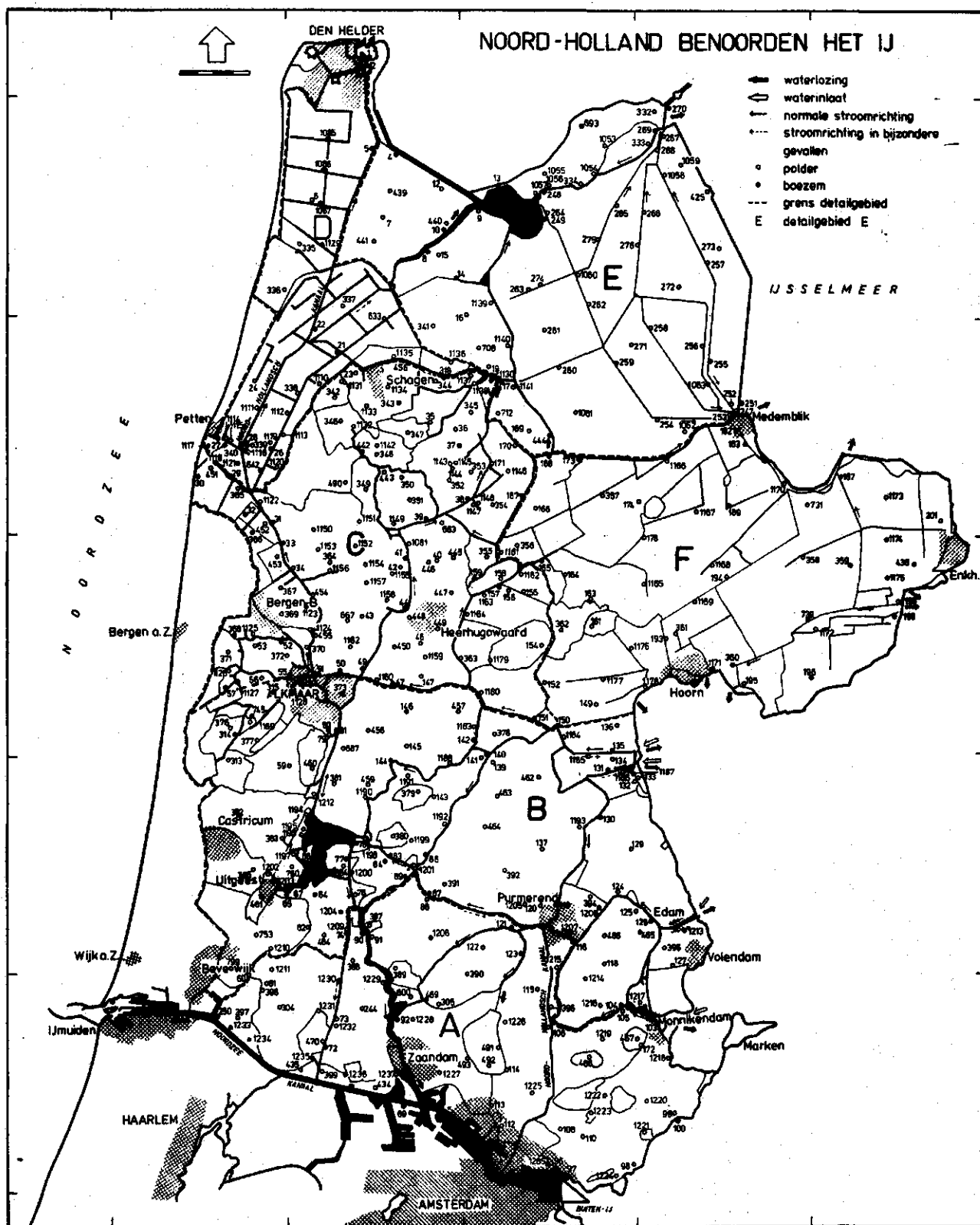


Fig. 1a. Lokatiekaart van de monsterpunten van het simultaanonderzoek

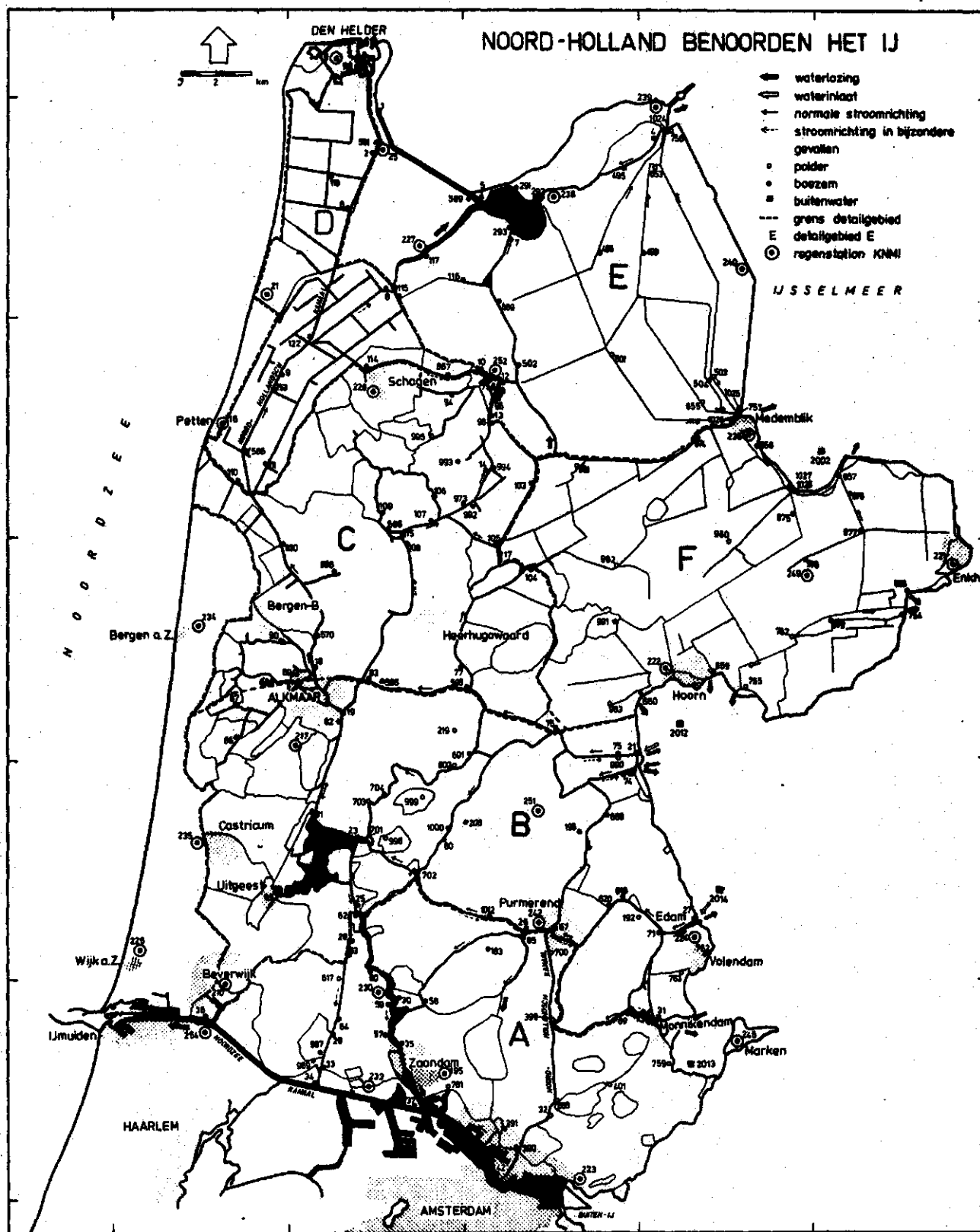


Fig. 1b. Lokatiekaart van de monsterpunten van het verziltingsonderzoek



in fig. 1b. De bemonsteringsperiode en de frequentie van opname van de monsterplaatsen afzonderlijk worden weergegeven in de tabellen, die als bijlagen bij deze nota zijn toegevoegd. De lokatie van de polders is weergegeven in fig. 1c. Voor de omschrijving van de monsterplaatsen kan worden verwezen naar tabel 2a en 2b.

Tabel 2a. Omschrijving van de monsterplaatsen in het boezemwater

DETAILGEBIED A SCHERMERBOEZEM-ZUID EN WATERLAND

nr.

- 28 Nauernasche Vaart t.p.v. brug in Krommeniërweg
- 29 Nauernasche Vaart bij brug Vrouwenverdriet
- 30 Zaan t.p.v. de Julianabrug in weg Westzaan-Purmerend
- 32 Noordhollandsch Kanaal brug 't Schouw Waterland
- 33 Nauernasche Vaart bij schutsluis
- 35 Zaan bij het boezemgemaal Zaandam
- 57 Zaan Prins Bernhardbrug Zaandam
- 58 Ringvaart Wijde Wormer brug Haaldersbroek
- 59 Zaan Julianabrug Zaandam
- 60 Zaan brug weg Wormerveer-Wormer
- 63 Nauernasche Vaart brug Krommenie
- 64 Nauernasche Vaart vóór brug Vrouwenverdriet
- 65 Ringvaart Wijde Wormer brug Neck

DETAILGEBIED B SCHERMERBOEZEM-MIDDEN

- 19 Noordhollandsch Kanaal bij Leegwaterbrug Alkmaar
- 21 IJsselmeer bij de Hornsluis Lutje Schardam
- 23 Noordhollandsch Kanaal Koogerpolderbrug De Deilings
- 25 Tapsloot bij brug West-Knollendam
- 26 Beemsterringvaart brug Purmerend
- 27 IJsselmeer bij de Sassluis aan het Oorgat Edam
- 31 IJsselmeer bij inlaatduiker Monnikendam
- 62 Tapsloot na brug West-Knollendam
- 67 Beemsterringvaart vóór brug Purmerend
- 69 Purmerringvaart brug Monnikendammerweg

nr.

- 71 Purmerringvaart Jan Koningbrug Edam
- 74 Uitwatering Kennemerland t.p.v. brug weg Oosthuizen-Hoorn
- 75 Beemsteruitwatering brug weg Oosthuizen-Hoorn
- 80 Beemsterringvaart brug De Rijp
- 81 Noordhollandsch Kanaal pontveer Akersloot
- 82 Noordhollandsch Kanaal Leeghwaterbrug Alkmaar
- 85 Uitgeestermeer bij gemaal polder Uitgeester- en Heemskerkerbroek
- 86 Egmondervaart brug Heiloërzeeweg
- 87 Hoevertvaart einde Kromme Hoogendijk
- 601 Schermerringvaart brug Schermerhorn
- 620 Purmerringvaart brug Kwadijk
- 701 Noordhollandsch Kanaal Koogerpolderbrug
- 702 Noordhollandsch Kanaal Spijkerboor
- 704 Schermerringvaart brug bij Driehuizen
- 868 Beemsterringvaart stenen brug Oosthuizen
- 1012 Noordhollandsch Kanaal tegenover Middenweg Beemster

DETAILGEBIED C VERENIGDE RAAKSMAATS- EN NIEDORPERKOGGEBOEZEM, SCHAGER-  
KOGGEBOEZEM EN SCHERMERBOEZEM-WEST

- 14 Kanaal Omval-Kolhorn bij de Boomerbrug
- 15 Kanaal Omval-Kolhorn in kanaal vóór de Roskamsluis
- 17 Ringsloot Berkmeer brug in nieuwe weg Mallegatsluis
- 18 Noordhollandsch Kanaal bij spoorbrug Alkmaar
- 76 Beemsterringvaart brug Avenhorn
- 77 Ringvaart van de Heerhugowaard brug Korteweg Hensbroek
- 83 Ringvaart van de Heerhugowaard brug Huygendijk
- 88 Kromme Sloot brug weg Alkmaar-Egmond aan de Hoef
- 89 Ringvaart van de Bergermeer brug weg Alkmaar-Bergen bij Alkmaar
- 90 Ringvaart van de Bergermeer brug weg Alkmaar-Bergen bij Bergen
- 94 Mient brug bij Raadhuis Barsingerhorn
- 98 Kanaal Omval-Kolhorn brug bij Mienthoeve Lutjewinkel
- 103 Langereis Winkelerbrug
- 104 Wijzend brug Wipbruglaan bij Opmeer
- 105 Langereis brug A.C. de Graafweg



nr.

- 106 Boomervaart brug Weelweg bij Waarland
- 107 Kanaal Omval-Kolhorn brug Hogebrugweg bij Waarland
- 108 Kanaal Omval-Kolhorn zuidzijde Roskamsluis Noord-Scharwoude
- 109 De Vaart langs de Dorpsstraat te Oudkarspel t.p.v. brug naar de houtzagerij van Eecen
- 110 Hondsbossche Vaart brug Hargerweg
- 570 Noordhollandsch Kanaal Koedijkervlotbrug
- 598 Schermerringvaart brug Rustenburg
- 866 Achtergracht brug bij Prot. kerk Oudkarspel
- 930 Noordhollandsch Kanaal brug Schoorldam
- 973 Kanaal Omval-Kolhorn Leijenburg de Rijk

#### DETAILGEBIED D SCHERMERBOEZEM-NOORD

- 2 Noordhollandsch Kanaal bij Kooijbrug
- 6 Noordhollandsch Kanaal t.p.v. overzetveer Westeinde
- 8 Groote Sloot brug kom Oudesluis
- 9 Noordhollandsch Kanaal bij St. Maartensvlotbrug
- 10 Kanaal Schagen-Kolhorn ten westen van schutsluis
- 111 Grote sloot Burgerbrug
- 114 Kanaal Stolpen-Schagen Trapbrug bij Schagen
- 115 Groote Sloot brug kom Oudesluis
- 118 Noordhollandsch Kanaal brug bij Spoorweghaven Den Helder
- 119 Lange Vliet brug Schoolweg Julianadorp
- 122 Noordhollandsch Kanaal brug De Stolpen
- 153 Noordhollandsch Kanaal Sind Maartensvlotbrug
- 586 Noordhollandsch Kanaal Burgervlotbrug
- 758 Hoogsloot gemaal Schagerkoggeboezem
- 867 Kanaal Schagen-Kolhorn brug Mieldijk

#### DETAILGEBIED E BOEZEM VAN HET AMSTELMEER EN WIERINGERMEER

- 1 Balgzandkanaal t.p.v. uitwateringssluizen Oostoever
- 3 Balgzandkanaal circa 400 m ten oosten van Kooijbrug
- 4 Amstelmeerkanaal bij Stontelerkeersluis Den Oever
- 5 Balgzandkanaal brug Van Ewijcksluis

nr.

- 7 Amstelmeer halverwege de leidam
- 11 Waardkanaal bij brug Schagerweg
- 12 Uitwateringskanaal bij gemaal De Waakzaamheid
- 13 Kanaal Omval-Kolhorn bij gemaal De Waakzaamheid
- 96 Kanaal Omval-Kolhorn ten zuiden van gemaal De Waakzaamheid
- 116 Uitwatering polder Wieringerwaard bij v.m. Trambrug
- 117 Van Ewijcksvaart brug Kleine Sluis
- 291 Amstelmeer strekdam haven Westerland
- 292 Amstelmeer strekdam haven De Haukes
- 293 Amstelmeer strekdam Ulkesluis
- 495 Amstelmeerkanaal brug Burgerweg
- 502 Waardkanaal brug Schagerweg
- 569 Balgzandkanaal t.p.v. brug Van Ewijcksluis
- 889 Waardkanaal Nieuwesluizerbrug

N.B. In detailgebied F komen geen monsterplaatsen in het boezemwater voor.

#### MONSTERPLAATSEN IN NOORDZEEKANAALBOEZEM

- 34 Zijkanaal D bij schutsluis Nauerna-Buiten
- 36 Noordzeekanaal Noordelijk ventilatiegebouw Velsertunnel
- 37 Noordzeekanaal bij de Hembrug
- 42 Noordzeekanaal Binnen IJ ter hoogte van km 25

#### MONSTERPLAATSEN IN BUITENWATER

- 2000 Rijn bij Lobith
- 2001 IJssel bij Kampen
- 2002 IJsselmeer bij Andijk
- 2004 IJsselmeer benoorden de dijk Enkhuizen-Lelystad
- 2005 Markermeer bezuiden de dijk Enkhuizen-Lelystad
- 2012 Markermeer nabij Hoorn-Lutje Schardam
- 2013 Markermeer nabij Monnikendam
- 2014 Markermeer nabij Edam

Tabel 2b. Omschrijving van de monsterplaatsen in het polderwater

DETAILGEBIED A SCHERMERBOEZEM-ZUID EN WATERLAND

nr.

- 183 Waterschap De Wijde Wormer machinetocht brug Noorderweg
- 390 Hoogheemraadschap Waterland Noordhollandsch Kanaal brug Buiksloterdijk
- 391 Hoogheemraadschap Waterland gemaal Kadoelen
- 399 Hoogheemraadschap Waterland Noordhollandsch Kanaal Ilpendam
- 401 Hoogheemraadschap Waterland brug Broekervaart Broek in Waterland
- 617 Polder Assendelft bij gemaal
- 700 Hoogheemraadschap Waterland Noordhollandsch Kanaal spoorbrug
- 759 Hoogheemraadschap Waterland gemaal De Poel
- 761 Polder Oostzaan bij gemaal
- 888 Hoogheemraadschap Waterland Noordhollandsch Kanaal brug het Schouw
- 989 Polder Assendelft bij gemaal aan zijkanaal D
- 997 Veenpolder te Assendelft bij gemaal

DETAILGEBIED B SCHERMERBOEZEM-MIDDEN

- 192 Waterschap De Purmer Middentocht brug Edammerweg
- 198 Waterschap De Beemster Oosthuizenersloot brug Purmerenderweg
- 208 Waterschap De Beemster Middensloot brug Wormerweg
- 219 Waterschap De Schermer Noordertocht brug Rustenburgerweg
- 602 Waterschap De Schermer gemaal Emma
- 618 Polder De Zeevang bij gemaal
- 703 Waterschap De Schermer gemaal Juliana
- 762 Zuidpolder bij Edam bij gemaal De Volendam
- 763 Polder Katwoude bij gemaal
- 990 Polder Beetskoog bij gemaal
- 998 Polder De Graftemeer toevoerleiding gemaal duiker Groeneweg
- 999 Noordeindermeerpolder toevoerleiding gemaal kruising Middenweg
- 1000 Hoogheemraadschap De Eilandspolder bij gemaal

DETAILGEBIED C VERENIGDE RAAKMAATS- EN NIEDORPERKOGGEBOEZEM, SCHAGER-  
KOGGEBOEZEM EN SCHERMERBOEZEM-WEST

- 596 Polder Heerhugowaard bij gemaal

nr.

- 992 Waterschap De Nedorperkogge gemaal De Leijen
- 993 Waterschap De Nedorperkogge gemaal De Kampen
- 994 Waterschap De Nedorperkogge gemaal van de v.m. Oosterpolder
- 995 Slikvenpolder bij gemaal
- 996 Polder Geestmerambacht bij nieuwe gemaal

#### DETAILGEBIED D SCHERMERBOEZEM-NOORD

- 498 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Den Oeversche Vaart brug Wierweg
- 499 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Robbevaart brug Wierweg
- 501 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Westfriesche Vaart brug Alk-  
maarse weg
- 503 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Lage Kwelvaart brug Wagenpad
- 504 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Hoekvaart brug Wagenpad
- 653 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Robbevaart brug Rijksweg
- 655 Hoogheemraadschap De Wieringermeer Medemblikkervaart brug Wagenpad
- 756 Hoogheemraadschap De Wieringermeer gemaal Leemans Hooge Kwelvaart
- 757 Hoogheemraadschap De Wieringermeer gemaal Lely Medemblikkervaart
- 1024 Hoogheemraadschap De Wieringermeer gemaal Leemans Den Oeversche Vaart
- 1025 Hoogheemraadschap De Wieringermeer gemaal Lely Lage Kwelvaart
- 1026 Hoogheemraadschap De Wieringermeer gemaal Lely Westfriesche Vaart

#### DETAILGEBIED F WESTFRIESLAND

- 656 Vier Noorderkoggen bij oude gemaal
- 657 Polder Het Grootslag bij nieuwe gemaal Andijk
- 658 Polder Het Grootslag bij gemaal Broekerhaven
- 659 Oosterpolder in Drechterland gemaal Hoorn
- 660 Polder De Westerkogge gemaal De Hulk
- 754 Waterschap De Drieban bij gemaal
- 755 Polder Schellinkhout bij gemaal
- 782 Polder Het Grootslag duiker in weg bij vuilstort Westwoud
- 974 Vier Noorderkoggen sloot brug Almersdorperweg Opperdoes
- 975 Vier Noorderkoggen Zuidwerksloot brug bij molen Wervershoof
- 976 Polder Het Grootslag stuw Hoogwatersloot kleingouw Andijk
- 977 Polder Het Grootslag Natte Cel kruising Molensloot

nr.

- 978 Polder Het Grootslag Kadijk brug Tolweg
- 979 Polder de Drieban Hoofdwatergang duiker Torenweg
- 980 Vier Noorderkoggen Wikgouw brug Heemraadwitweg
- 981 Vier Noorderkoggen Veersloot brug in weg door Braakpolder
- 982 Vier Noorderkoggen sloot langs A.C. de Graafweg bij km 20,7
- 983 Polder de Westerkogge Naamsloot brug 1 km west van De Hulk
- 991 Baarsdorpermeerpolder toevoerleiding gemaal brug in weg
- 1027 Vier Noorderkoggen Hoogwatersloot bij nieuwe gemaal
- 1028 Vier Noorderkoggen Laagwatersloot bij nieuwe gemaal

#### 4. VERWERKING RESULTATEN

##### 4.1. B e r e k e n i n g e n

Na inventarisatie zijn de basisgegevens (Cl-gehalten) van elke monsterplaats afzonderlijk op ponskaarten overgebracht. Het merendeel van de gegevens zijn betrokken van de in het gebied opererende instellingen: PWS Noord-Holland en US. Voor de mechanische bewerking zijn een aantal programma's geschreven. De berekeningen en het plotten van de figuren vond plaats met behulp van een computer. Het geheel is verzorgd door het Instituut voor Wiskunde, Informatieverwerking en Statistiek (IWIS-TNO).

##### 4.1.1. Chlorideconcentraties en indeling kwaliteitsklassen

Voor de afzonderlijke monsterplaatsen zijn per detailgebied de medianen, de gemiddelde Cl-gehalten met de daarbij behorende standaardafwijking berekend voor zomer- (april tot en met september) en winterperioden (oktober tot en met maart) terwijl bovendien de frequentie van opname is vermeld. Daarnaast zijn de in dezelfde perioden voorgekomen maximum- en minimumwaarde bepaald. De resultaten zijn uitgedrukt in milligrammen chloride per liter. Van het simultaanonderzoek worden alleen de gemeten chlorideconcentraties per opnamedatum per monsterplaats weergegeven.

Aan de hand van frequentieberekeningen, waarbij een groot aantal

chloridegegevens van het oppervlaktewater zijn opgenomen (3220 waarnemingen over het jaar 1977) is een indeling in chlorideklassen opgesteld. Hierbij is tevens rekening gehouden met de normen die voor de verschillende gebruiksdoeleinden worden gehanteerd en met de grenzen die gewoonlijk door PWS en US worden aangehouden. Reeds jaren lang wordt in het boezemwater een Cl-gehalte van  $250 \text{ mg.l}^{-1}$  nagestreefd. Deze klasse is bij de indeling opgenomen.

Bij de verwerking van de Cl-gehalten is de volgende indeling van de kwaliteitsklassen toegepast:

Tabel 3. Indeling chlorideklassen van het oppervlaktewater in Noord-Holland. Chloride  $\text{mg Cl.l}^{-1}$

Klasse	Grenzen	Klasse	Grenzen
1	0-200	5	500- 750
2	200-250	6	750-1000
3	250-300	7	1000-2000
4	300-500	8	$\geq 2000$

Voor elke monsterplaats afzonderlijk is voor zomer- en winterhalfjaren de Cl-klasse berekend.

Om een indruk te krijgen van de verziltingstoestand van het oppervlaktewater is het belangrijk te weten, welke chloridenormen voor de verschillende gebruiksdoeleinden worden gesteld. Uitgaande van de op dit gebied verrichte onderzoeken worden in tabel 4 kwaliteitseisen voor een aantal doeleinden gegeven.

De gemiddelde situatie van het chloridegehalte in boezem- en in polderwater wordt per monsterpunt per zomer en winter weergegeven in kaarten I tot en met X, waarbij de gehalten in klassen zijn ingedeeld. In kaarten I tot en met VI zijn de Cl-gehalten van het simultaanonderzoek opgenomen. De analyseresultaten van de frequentere bemonstering zijn vermeld in kaarten VII tot en met X.

Tabel 4. Chloride-grenswaarden voor diverse doeleinden

	mg Cl.l <sup>-1</sup>
<b>DRINKWATER</b>	
Vewin (Schaefer, 1971)	100- 250
WHO 1970/71 (Drent, Hoeks en Steenvoorden, 1975)	200- 600
IMP (1980-1984)	200
<b>INDUSTRIE (Drent, Hoeks en Steenvoorden, 1975)</b>	
	30- 250
<b>AKKERBOUW, afhankelijk van gewas en grondsoort</b>	
Grasland (Schneider, 1975)	500- 750 900
<b>VEETEELT (Rijtema, 1975; Drent, Hoeks en Steenvoorden, 1975)</b>	
	<1200
Veedrenking	1500
<b>TUINBOUW</b>	
Tuinbouw onder glas; afhankelijk van gewas en grondsoort	40- 300
Vollegrondstuinbouw; afhankelijk van gewas en grondsoort	200- 600

#### 4.1.2. Correlatie en regressie

Om het verband tussen de Cl-gehalten van het Rijn- en IJsselwater en dat van het IJsselmeerwater alsmede van het ingelaten Markermeerwater en dat van het boezemwater in Noord-Holland te kunnen nagaan is voor een aantal combinaties (afzonderlijke monsterplaatsen en detailgebieden) de correlatiecoëfficiënt en regressielijn berekend. Hiervoor zijn de volgende vergelijkingen opgesteld:

a. regressie van y op x waarin  $y = A + BX$

waarin N = aantal paren x . y

R = correlatiecoëfficiënt

x gem. = gemiddelde van de x-waarden

y gem. = gemiddelde van de y-waarden

B = helling van de regressielijn

SB        = spreiding van B  
A        = intercept  
SA        = spreiding van A

b. regressie van x op y waarin  $X = C + DY$

waarin D        = helling van de regressielijn  
SD        = spreiding van D  
C        = intercept  
SC        = spreiding van C

Voor de regressieberekening van de in de tekst opgenomen figuren is uitgegaan van de vergelijking:

$$y = Ax + b$$

waarin A = helling van de regressielijn  
b = intercept

#### 4.1.3. Neerslag

Dank zij het uitgebreide net van regenwaarnemingsstations van het KNMI kon de gemiddelde neerslaghoeveelheid per detailgebied c.q. boezemgebied nauwkeurig worden bepaald. In tabel 5 zijn de waarnemingen voor de periode 1968-1979 per zomer- en per winterhalfjaar van de afzonderlijke meetstations per detailgebied opgenomen. De gemiddelde neerslaghoeveelheid over het gehele onderzoeksgebied (27 meetstations) wordt per zomer en per winter weergegeven in fig. 8. Ter vergelijking is de hoeveelheid neerslag gemiddeld over de periode 1930-1960 aangegeven. De lokatie van de regenstations zijn opgenomen in fig. 1b.

#### 4.2. T a b e l l e n e n f i g u r e n

De resultaten van het onderzoek zijn voor de afzonderlijke monsterplaatsen per detailgebied weergegeven in tabellen, die als bijlagen zijn toegevoegd. Om een indruk te krijgen van de kwaliteit van het aangevoerde water zijn in bijlagen 1 tot en met 3 de chlorideconcentraties vermeld van het Rijn-, IJssel-, IJsselmeer- en Markermeerwater. In bijlagen 3 tot en met 7 zijn de Cl-gehalten van het simultaanonderzoek in het boezemwater weergegeven, in bijlagen 8 tot en met 20 de



Tabel 5. Hoeveelheid neerslag (mm) in Noord-Holland

Nr. Waarnemings- station	1968 68/69 1969 69/70 1970 70/71 1971 71/72 1972 72/73 1973 73/74 1974 74/75 1975 75/76 1976 76/77 1977 77/78 1978 78/79															
	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W	Z	W
<b>Gebied A</b>																
195 Zaandam																
223 Schellingwoude	501	353	466	359	354	445	276	253	378	295	403	468	363	573	267	318
230 Zaandijk	477	381	438	350	288	408	279	257	475	239	429	414	401	591	289	321
233 Hembrug	492	379	464	363	338	440	293	243	419	288	446	466	360	510	288	304
246 Marken	479	371	400	333	330	369	309	229	395	274	371	413	353	623	306	336
254 Velzen-Oost	476	344	402	336	322	432	242	251	380	243	363	419	410	592	325	335
gemiddeld	485	366	434	348	326	419	280	247	409	268	402	436	379	566	287	318
<b>Gebied B</b>																
210 Beverwijk	489	355	409	341	332	433	253	262	379	243	374	437	412	542	318	335
217 Hilloo													409	558	330	360
224 Edam	490	350	385	346	288	371	303	243	439	255	407	422	348	531	273	283
226 Wijk a. Zee	499	321	352	314	299	379	236	252	363	242	358	419	376	552	334	341
242 Purmerend	475	375	467	373	298	400	310	251	440	262	413	449	379	558	290	308
251 Westbeemster	491	350	382	320	270	370	326	256	445	240	435	446	380	575	315	332
gemiddeld	489	350	399	339	297	391	286	253	413	248	397	435	384	553	310	327
<b>Gebied C</b>																
228 Schagen	546	412	389	385	301	436	265	277	375	302	337	340	389	536	348	375
234 Bergen	643	401	388	368	309	445	268	316	381	269	340	412	371	543	325	359
252 Kolhorn	553	366	384	351	313	382	247	245	438	309	348	375	377	526	342	343
gemiddeld	581	393	387	368	308	421	260	279	398	293	342	376	379	535	338	359
<b>Gebied D</b>																
9 Den Helder	576	354	335	355	335	435	244	256	333	297	289	379	361	544	296	369
16 Petten	510	354	387	352	257	381	267	260	333	297	289	379	361	544	296	369
21 Callantscoog	506	363	352	349	241	402	250	241	355	297	317	377	370	561	302	371
25 De Kooy	537	332	359	324	300	439	256	277	335	294	353	366	356	556	316	377
235 Castricum	526	404	380	356	333	440	249	261	385	258	356	541	361	595	339	371
gemiddeld	531	361	363	347	293	419	253	259	352	287	329	416	362	564	313	372
<b>Gebied E</b>																
227 Anna Paulowna	512	351	368	335	280	367	261	255	350	270	330	358	387	492	285	343
238 De Houkes	438	349	421	346	302	381	237	275	382	324	403	408	382	575	329	376
239 Den Oever	516	342	365	354	346	389	258	273	356	320	443	430	378	545	320	372
240 Kreillerouwe	528	325	395	359	338	343	233	230	381	299	444	368	340	477	294	294
gemiddeld	499	342	388	344	317	370	247	258	367	303	405	391	372	522	306	346
<b>Gebied F</b>																
221 Enkhuizen	482	370	439	379	337	389	255	261	468	278	387	425	339	540	282	351
222 Hoorn	517	380	412	362	306	401	292	258	441	271	405	435	341	527	265	317
236 Medemblik	592	353	410	346	316	382	252	252	427	277	432	407	361	539	326	348
249 Hoogkarspel	537	360	395	344	327	401	259	251	472	273	412	367	329	462	236	302
gemiddeld	532	366	414	358	322	393	265	259	452	275	409	409	343	517	277	330

gehalten in het polderwater. De resultaten van het verziltingsonderzoek van frequentere bemonstering zijn voor het boezemwater opgenomen in bijlagen 21 tot en met 36; voor het polderwater in bijlagen 37 tot en met 41. De hierbij weergegeven concentraties zijn tevens ingedeeld in chlorideklassen.

Het verloop van het Cl-gehalte van een aantal markante monsterpunten in de boezem zijn voor de bemonsteringsperiode van het simultaanonderzoek weergegeven in bijlagen 42 tot en met 44, van de frequentere opnamen in bijlagen 50 tot en met 53. De gekozen monsterplaatsen liggen veelal in of nabij belangrijke waterlopen en zijn als zodanig min of meer representatief voor een bepaald stroomgebied (zie fig. 1a en 1b). Het verloop van het Cl-gehalte in een aantal polders wordt voor het simultaanonderzoek weergegeven in bijlagen 45 tot en met 49 en voor de frequentere opnamen in bijlagen 54 tot en met 56.

De correlaties tussen de Cl-gehalten van het ingelaten water en een aantal monsterplaatsen in de watertransportweg worden gegeven in bijlagen 57 tot en met 66. Voor de betekenis van de symbolen kan worden verwezen naar par. 4.1.2.

## 5. BESPREKING RESULTATEN

### 5.1. De concentratie en het verloop van het chloride-ion

Bij de bespreking van de resultaten worden behalve de gegevens van de frequente bemonstering ook die van het simultaanonderzoek betrokken. Om een indruk te krijgen van de betekenis van deze momentopnamen zijn hiertoe de analyses van een groot aantal boezem- en polderpunten vanaf 1959 geïnventariseerd en in tabelvorm weergegeven (zie bijlagen 3 tot en met 20). Om na te gaan in hoeverre de Cl-gehalten van de zogenaamde Noord-Hollandtochten voor het verziltingsonderzoek bruikbaar mogen worden geacht, is voor een bepaald gebied (E) de relatie onderzocht tussen de chlorideconcentraties van de één- en tweemaalige opnamen per half jaar en van de frequentere bemonstering. Uit fig. 2a blijkt dat er voor de periode 1970 tot en met 1977 een redelijk goed verband kan worden aangetoond. In de zomerhalfjaren is dit in

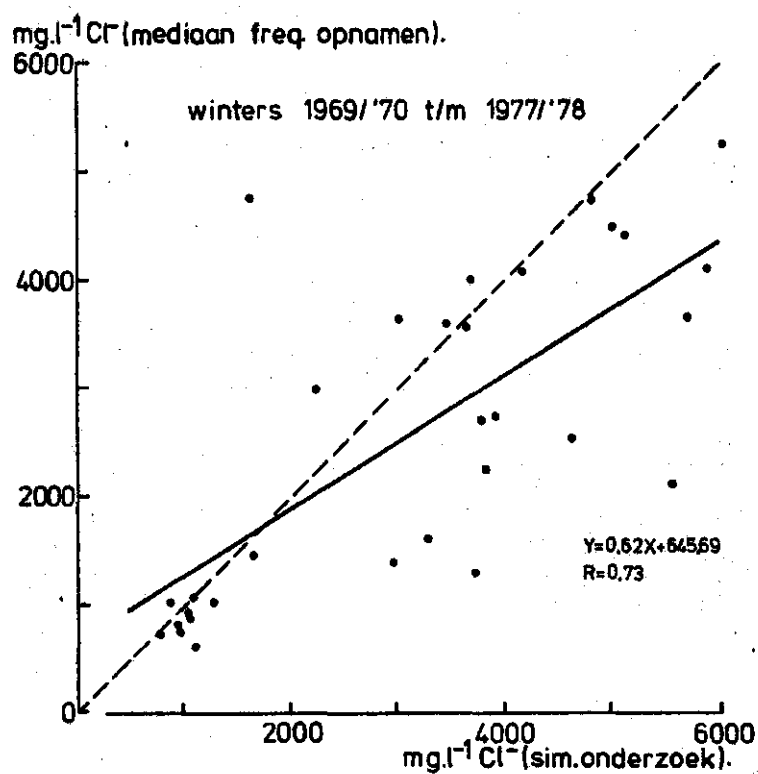
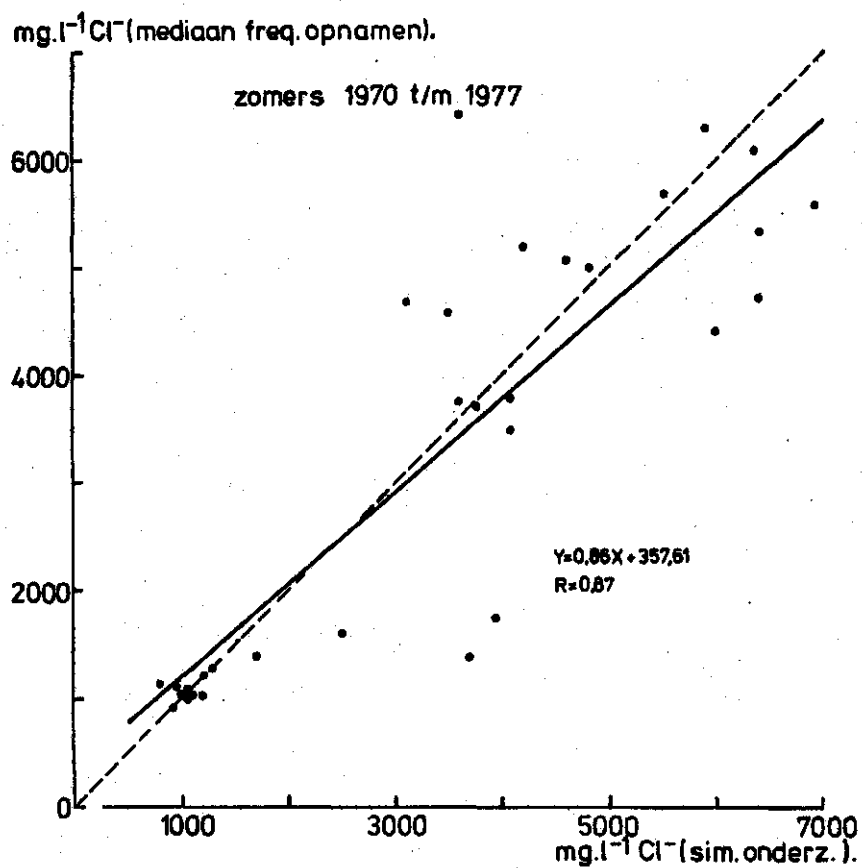


Fig. 2a. Het verband tussen de Cl-gehalten van het simultaan en het verziltingsonderzoek in het polderwater

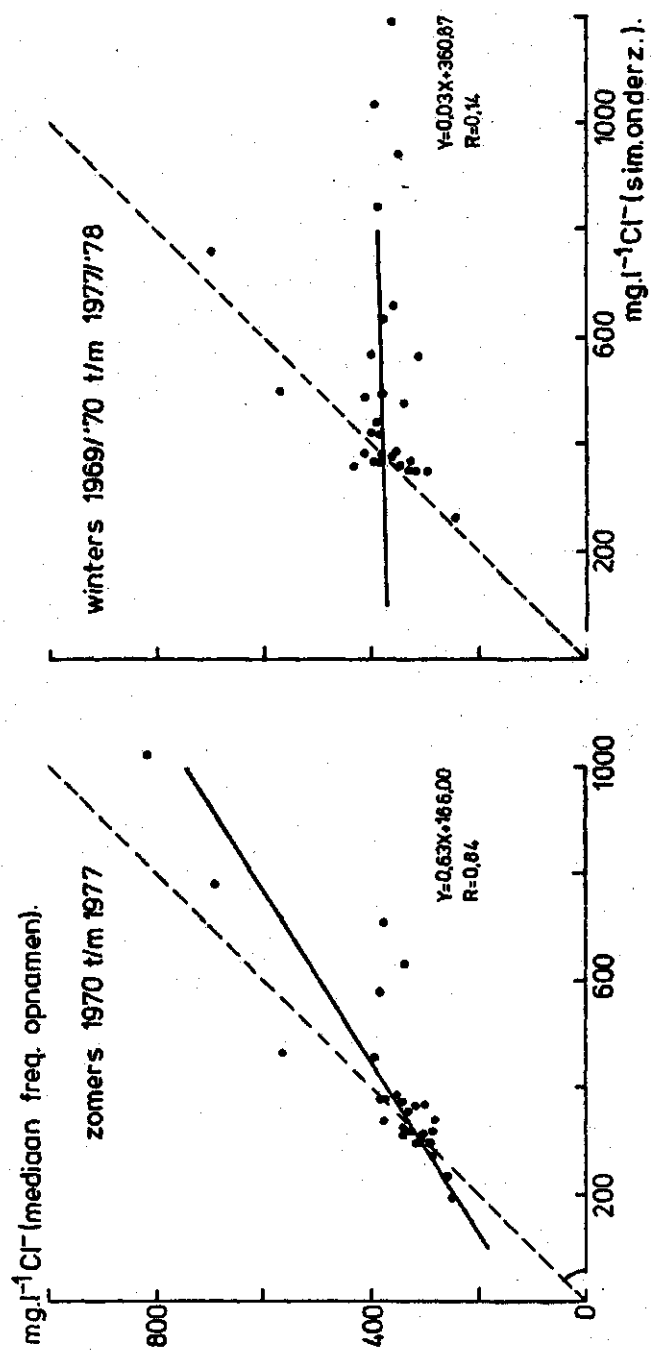


Fig. 2b. Het verband tussen de Cl-gehalten van het simultaan en het verziltingsonderzoek in het boezemwater

het polderwater duidelijker dan in de winters als gevolg van de langere verblijftijd van het water. Voor het boezemwater (in gebied D) is het verband in de zomerhalfjaren duidelijk aanwezig, terwijl in de winters geen relatie bestaat (fig. 2b). Gezien de frequente doorstroming en de menging van het water in de boezem kan dit evenwel niet worden verwacht. De voorlopige conclusie van dit incidenteel uitgevoerd onderzoek is, dat de analyses van het simultaanonderzoek, indien met enige voorzichtigheid gehanteerd, voor het verziltingsonderzoek van belang kunnen zijn, omdat hiermee veel informatie over de chloridetoeestand vooral in het polderwater beschikbaar komt en een waardevolle aanvulling betekent.

Achtereenvolgens zullen de resultaten van de frequente bemonstering en die van de Noord-Hollandtochten worden besproken.

De resultaten van de bemonsteringen geven weer, dat er zowel tussen de monsterplaatsen als tussen de detailgebieden onderling duidelijke verschillen in het gehalte aan chloride in boezem- en polderwater tijdens zomer- en winterhalfjaren voorkomen. In feite betekent dit, dat binnen het gebied van 'Noord-Holland', in de betreffende bemonsteringsperiode, de verziltingstoestand van het oppervlaktewater duidelijke seizoensinvloeden vertoont. Deze situaties verschillen eveneens van jaar tot jaar. Om een duidelijk overzicht te krijgen van de resultaten per detailgebied zijn de gemiddelde Cl-gehalten van het boezemwater voor de zomers en winters met de betreffende neerslaghoeveelheid opgenomen in tabel 6. Ter vergelijking is de kwaliteit van het Rijnwater bij Lobith, het water bij de IJsselmond te Kampen en het Markermeerwater in de omgeving van de inlaatpunten voor Noord-Holland vermeld. Hierbij moet worden aangetekend, dat de concentraties van het water bij de afzonderlijke inlaatpunten in sommige jaren 10 à 20 mg  $\text{Cl.l}^{-1}$  hoger liggen. In de winterhalfjaren, waarbij meer water wordt geloosd, kan dit verschil soms oplopen tot circa 70 mg/l. Opvallend is dat vanaf 1974 de verschillen zowel in de zomer als in de winter regelmatig klein zijn. De kwaliteit van het Markermeerwater is dan vrijwel identiek aan die van de inlaatpunten.

Aan de hand van de chlorideconcentraties zal worden getracht een inzicht te geven van de situatie in de afzonderlijke detailgebieden.

Uit de cijfers blijkt, dat het chloridegehalte in de boezemwater-

Tabel 6. Gemiddeld Cl-gehalte en hoeveelheid neerslag per zomer- en winterhalfjaar in de detailgebieden

		Boezemwater											
		Rijn- water			IJssel- water			Marker- meer					
Zomer april t/m september	Cl- gehalte mg/l	Cl- gehalte		neer- slag mm	Cl- gehalte		neer- slag mm	Cl- gehalte		neer- slag mm	Cl- gehalte		neer- slag mm
		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	
1968	122	118	163	489	212	228	581	386	485	531	286	499	517
1969	137	132	155	399	198	209	387	364	434	363	307	388	394
1970	115	114	183	297	203	210	308	349	326	293	374	317	308
1971	209	214	218	286	252	258	260	417	280	253	295	247	265
1972	209	193	288	413	317	313	398	661	409	352	406	367	388
1973	194	185	226	397	304	308	342	479	402	329	419	405	375
1974	222	215	277	384	296	292	379	458	379	362	370	372	375
1975	150	139	245	310	260	261	338	341	287	313	318	306	311
1976	236	235	271	208	281	282	242	456	202	232	355	186	214
1977	152	140	274	245	301	295	261	490	264	220	325	267	251
1978	139	128	231	321	261	247	291	503	334	253	333	293	298
gem. 1968/'78	171	167	230	341	262	264	344	446	346	318	344	332	336
Winter													
okt. t/m maart													
1968/'69	152	131	164	350	241	220	393	459	366	361	291	342	362
1969/'70	194	174	198	339	274	232	568	548	348	347	512	344	389
1970/'71	208	180	196	391	285	259	421	459	419	419	376	370	404
1971/'72	297	286	301	253	317	298	279	645	247	259	371	258	259
1972/'73	228	217	350	248	359	317	293	748	268	287	425	303	280
1973/'74	198	203	313	435	332	274	376	476	436	416	401	391	411
1974/'75	158	141	304	553	317	258	535	488	566	564	336	522	548
1975/'76	203	194	239	327	269	254	359	409	318	372	348	346	344
1976/'77	209	213	297	420	326	289	408	510	400	416	351	367	402
1977/'78	175	168	259	490	291	250	456	529	494	457	336	451	470
1978/'79	224	223	224	416	245	227	421	436	400	404	299	365	401
gem. 1968/'79	204	194	259	384	326	262	410	571	387	391	367	369	388
													367

ren in de gemiddelde zomer (1968 tot en met 1978) uiteenloopt van circa 260 mg per liter in gebieden B en C tot circa 490 mg in gebied E. Deze verschillen zijn in een aantal afzonderlijke zomers aanzienlijk groter, omdat in bepaalde gebieden vooral in droge zomers hoge gemiddelde waarden zijn gevonden, namelijk van 600 mg tot 770 mg chloride per liter (zie tabel 6 en fig. 3), onder andere in 1972 en 1976. Ondanks het neerslagoverschot zijn de verschillen in Cl-gehalten 's-winters echter niet geringer. Dit kan worden toegeschreven aan de lozing van het polderwater, dat plaatselijk hoge concentraties aan chloride bevat. De Cl-gehalten lopen in een gemiddelde winter uiteen van circa 260 mg in gebied C tot circa 570 mg per liter in gebied A (tabel 6 en fig. 3).

Uit de resultaten kan voorts worden geconstateerd, dat er op een aantal plaatsen in het boezemwater extreem hoge Cl-gehalten zijn gemeten, welke zowel in de zomer als in de winter regelmatig voorkomen. Als gevolg van interne en externe verzilting komen plaatselijk, zoals bij Den Helder, aan het einde van de watertransportweg naar het noorden, bij het Noordzeekanaal in het zuiden, alsmede in de omgeving van het Amstelmeer inclusief het Balgzandkanaal en in de Van Ewijcksvaart regelmatig gemiddelde waarden voor van meer dan 1000 mg en zelfs, zoals bij Den Helder, meer dan 2000 mg chloride per liter. Bij de verdere verwerking van de Cl-concentraties zijn een aantal monsterpunten met name nummer 118 in het Noordhollandsch Kanaal bij Den Helder en nummer 33 in de Nauernasche Vaart als gevolg van lek- en schutzout niet opgenomen. Monsterplaats 110 in de Hondsbossche Vaart wijkt eveneens dusdanig af als gevolg van lozing van zeer zout polderwater, dat dit punt eveneens buiten beschouwing is gelaten. Gezien de plaats namelijk in een min of meer doodlopende boezemtak is er vrijwel geen invloed op de overige monsterplaatsen in de omgeving. De boezempunten in de omgeving van het Amstelmeer zijn echter wel opgenomen, omdat deze ofwel in de stroomrichting van het water liggen ofwel inlaatpunten zijn.

De maximum gehalten van een aantal monsterplaatsen, die direct of indirect door externe verzilting worden beïnvloed, bereiken waarden van meer dan 3000 mg chloride per liter, op enkele plaatsen meer dan 5000 mg (zie bijl. 4 tot en met 7 en 21 tot en met 34).

Het overgrote deel van het boezemwater heeft een gemiddeld Cl-gehalte van 250 tot 500 mg per liter. In een aantal zomers is het boezemwater van de Amstelmeerboezem (gebied E) en incidenteel in Schermerboezem Zuid (gebied A) gemiddeld zouter. Dit komt veelal voor in droge zomers en na droge winters. In de winterhalfjaren komt het gemiddelde Cl-gehalte in de gebieden A en E eveneens regelmatig boven de 500 mg.

Het verloop van het Cl-gehalte is voor het tijdvak 1968-1979 per detailgebied weergegeven in fig. 3, waarbij ook het chloridegehalte van het ingelaten Markermeerwater is opgenomen. Zoals uit de figuur blijkt, geeft het verloop tussen de gebieden onderling zowel in zomer als winter een overeenkomstig beeld. De mate van verzilting verschilt aanzienlijk. Het verloop van het Cl-gehalte in gebieden B en C is vrijwel hetzelfde. In de winterhalfjaren treedt een geringe afwijking op als gevolg van de lozing van polderwater en de geringere invloed van inlaatwater. De gemiddelde concentraties van genoemde gebieden komen slechts in enkele jaren boven de 300 mg Cl per liter, echter regelmatig in de winters in gebied B. In gebied D, het noordelijke deel van de watertransportweg met name het Noordhollandsch Kanaal vanaf Burgervlotbrug (m.p. 586) tot Westeinde-Kooybrug (m.p. 6 en 2), ligt de gemiddelde concentratie in zomer en winter tussen de 280 en 520 mg Cl per liter. De gebieden A en E wijken, zoals reeds gezegd, qua verloop enigszins af. Over de eventuele oorzaken zal later in deze nota worden ingegaan.

Opvallend is dat het verloop van de chloridegehalten in al het boezemwater voornamelijk in de zomers, doch zelfs ook in de winters vrijwel identiek is aan dat van het IJsselmeerwater. Dit betekent dat de kwaliteit van het ingelaten water een duidelijke invloed heeft op de kwaliteit van het boezemwater.

Om de veranderingen van de concentraties in het boezemwater binnen het gebied na te gaan, zijn tussen enkele markante punten van vier boezemtrajecten de chlorideconcentraties voor een vijftal jaren gedurende het zomerhalfjaar in figuren uitgezet. De keuze van de jaren is in hoofdzaak gedaan op grond van de hoeveelheid neerslag in de betreffende zomers en voorafgaande winters. Hierdoor wordt een indruk verkregen van de situatie in de watertransportweg in droge-, normale- en



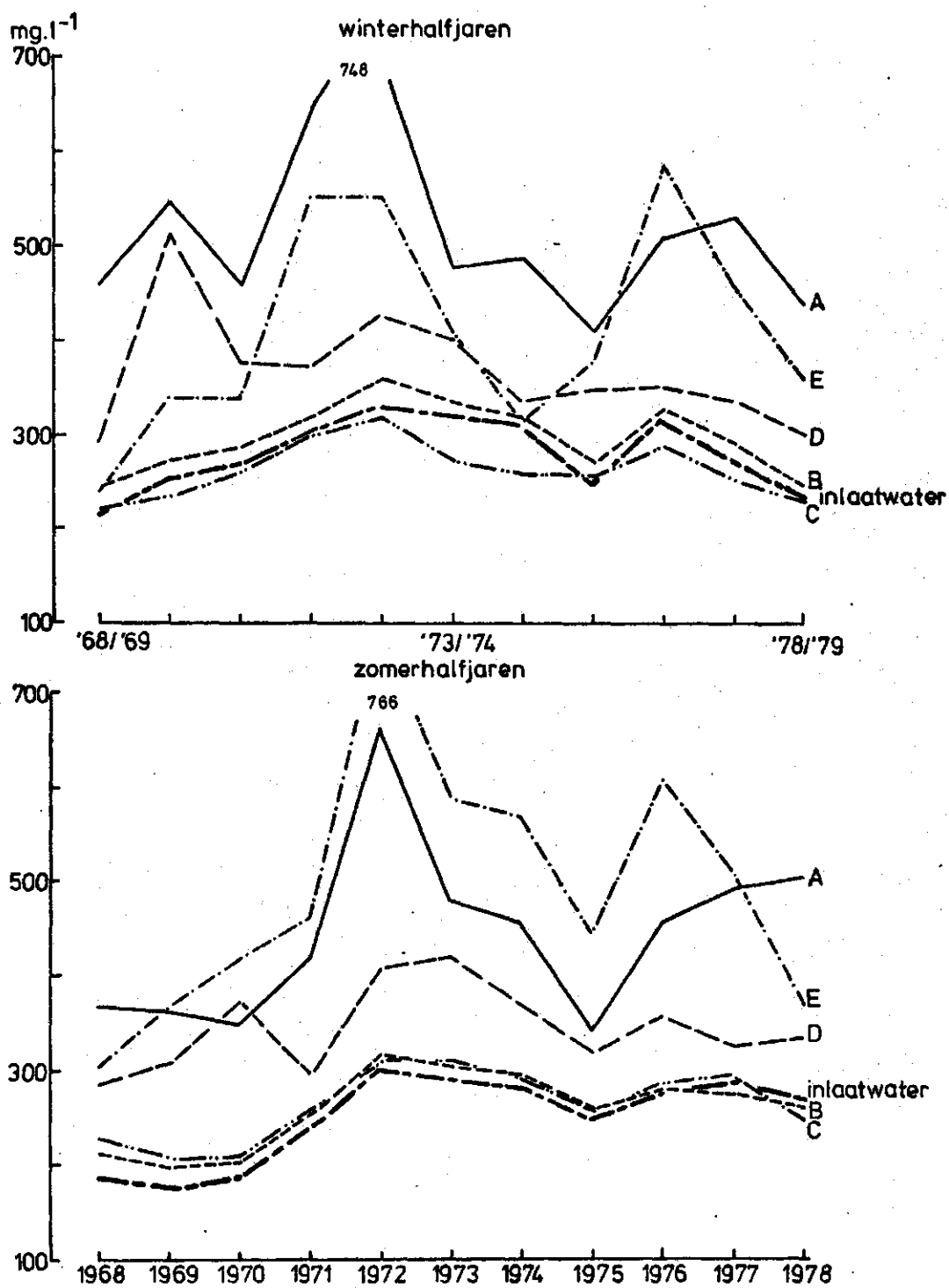


Fig. 3. Het verloop van het  $\text{Cl}^-$ -gehalte in het boezemwater per detailgebied over de jaren 1968 tot en met 1978

nattere seizoenen (zie tabel 5 en fig. 8).

In fig. 4 (A) is het traject Lutje Schardam - Westeinde/Kooybrug uitgezet; in fig. 4 (B) het traject Lutje Schardam - Balgzandkanaal bij brug van Ewijcksluis. Tussen de monsterpunten 21 en 598 blijven de chlorideconcentraties vrijwel constant, het niveau voor de afzonderlijke jaren verschilt echter duidelijk als gevolg van het verschil in Cl-gehalte van het ingelaten water. In het traject Lutje Schardam - Westeinde/Kooybrug neemt voorbij Alkmaar de concentratie geleidelijk toe. Dit is het gevolg van lozingen door poldergemalen. In de weergegeven jaren bedraagt de gemiddelde stijging van inlaat tot ongeveer het einde van de transportweg circa 60 mg chloride per liter (Fig. 4A). In het traject Lutje Schardam - van Ewijcksluis blijft het Cl-gehalte vanaf het inlaatpunt tot aan monsterpunt 98, Kanaal Omval-Kolhorn, nagenoeg constant. De stijging daarna moet in hoofdzaak worden toegeschreven aan het Cl-gehalte van het Amstelmeer (fig. 4B). De verschillen tussen de jaren onderling zijn groot. Opvallend is de geringere toename in concentratieniveau in 1978. De gemiddelde stijging vanaf het inlaatpunt tot de Van Ewijcksluis varieert van circa 370 mg tot circa 1000 mg chloride per liter (fig. 4B).

In de watertransportweg Monnikendam - Zaandam komen tussen de monsterpunten 31 en 67 geringe verschillen in Cl-gehalten voor. Na Purmerend neemt de concentratie vanaf De Deilings (m.p. 23) sterk toe, mede als gevolg van het uitgeslagen polderwater. Ook in dit traject treden er tussen de jaren onderling duidelijke verschillen op. De gemiddelde stijging voor de verschillende jaren vanaf het inlaatpunt tot Zaandam bedraagt 50 à 100 mg chloride per liter (fig. 5A). In fig. 5(B) is het traject Monnikendam - Nauerna uitgezet. Het transport gaat via monsterpunt 62 (Tapsloot West-Knollendam) naar de Nauernasche Vaart, waarin plaatselijk een sterke stijging van de chlorideconcentratie optreedt. Dit hangt nauw samen met de verschillen in Cl-gehalten van het geloosde polderwater. De verschillen tussen de jaren onderling zijn groot. Vanaf het inlaatpunt te Monnikendam is de gemiddelde stijging voor de verschillende jaren circa 600 tot 900 mg per liter.

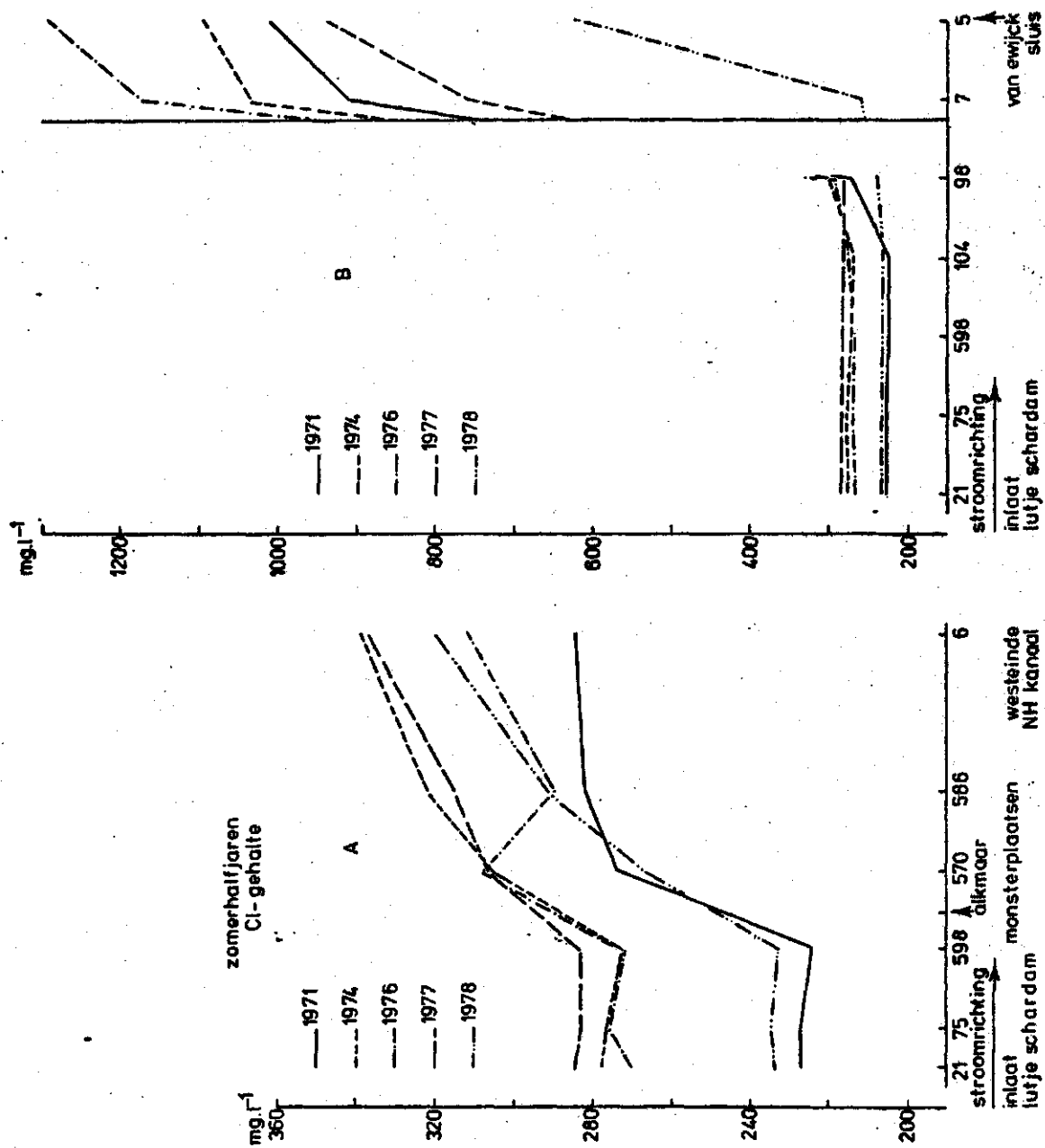


Fig. 4. Het verloop van het Cl-gehalte tussen enkele strategische boezempunten vanaf Lutje Schardam tot aan Westeinde (A) en Balgzandkanaal (B)

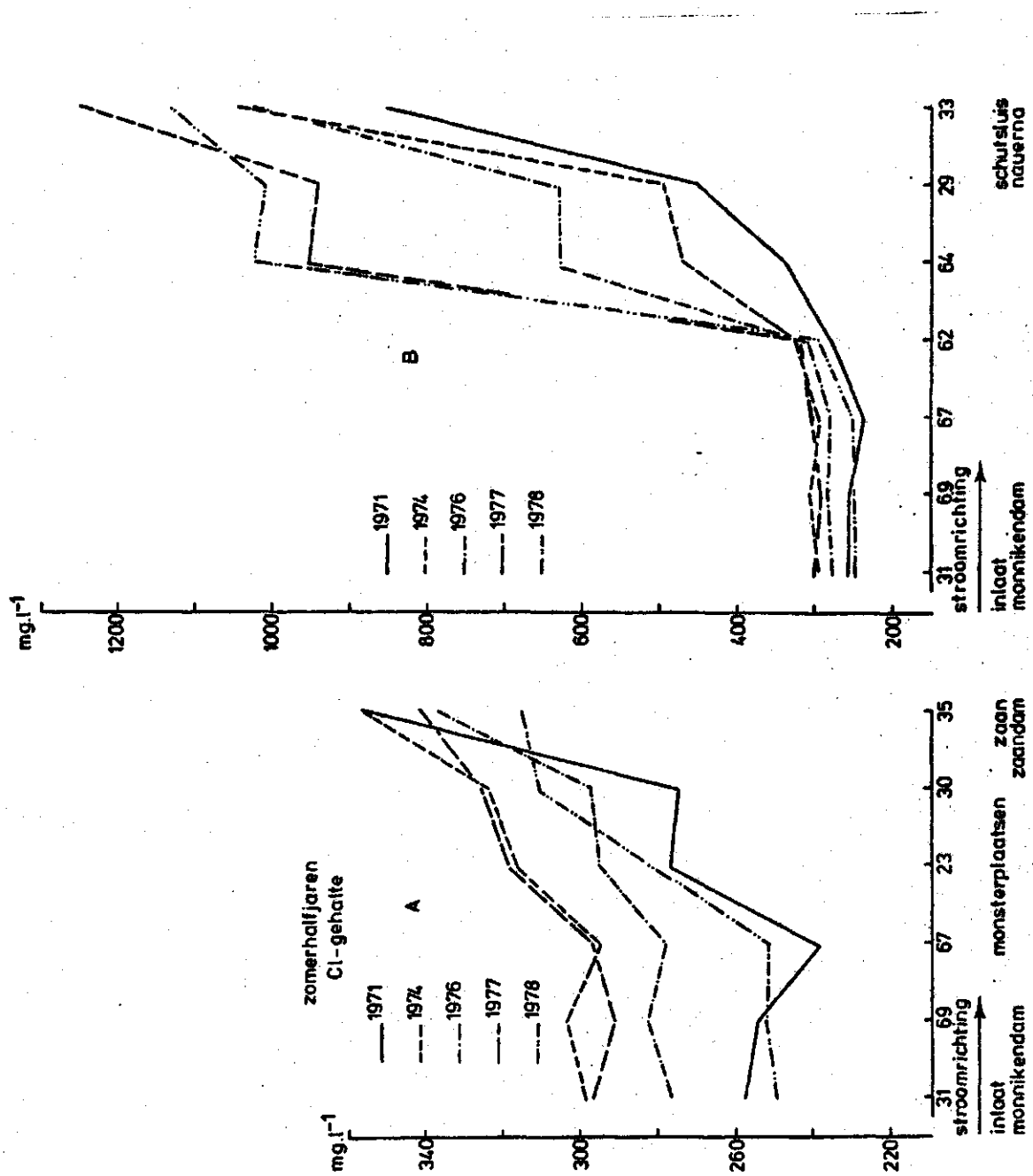


Fig. 5. Het verloop van het Cl-gehalte tussen enkele strategische boezempunten vanaf Monnikendam tot aan Zaandam (A) en Nauerna (B)

#### 5.1.1. Kaarten met klasse-indeling

Het chloridegehalte per monsterplaats is in de kaarten I tot en met X aan de hand van een klasse-indeling weergegeven. Kaarten I tot en met VI geeft de situatie weer van de zomers en/of winters van het simultaanonderzoek voor de jaren 1974, 1976, 1977 en 1978; de kaarten VII tot en met X de situatie van de frequentere bemonstering van zomers en winters voor de jaren 1971, 1974, 1977 en 1978.

Uit de resultaten blijkt, dat in vrijwel alle detailgebieden het Cl-gehalte bij het merendeel van de monsterplaatsen in de boezem uiteenloopt van circa 250 tot 500 mg per liter. Dit komt overeen met klasse 3 en 4, zoals op de kaarten is aangegeven. Hoge concentraties komen in hoofdzaak voor op plaatsen waar directe invloed aanwezig is van lek- en schutzout en op plaatsen waar zout polderwater wordt geloosd. De gemeten waarden komen overeen met klassen 4 tot en met 8. In dit verband kan, zoals eerder is vermeld, worden genoemd: het einde van de hoofdboezem in de transportweg naar Kooybrug en Den Helder via het Noordhollandsch Kanaal, de omgeving van het Amstelmeer en in de Nauernasche Vaart in het zuidwesten van het gebied nabij het Noordzeekanaal.

De kwaliteit van het polderwater kan het beste worden beschreven aan de hand van de kaartbeelden. In het algemeen is van het polderwater geen volledig beeld te geven. Door Provinciale Waterstaat van Noord-Holland (PWS) zijn hoofdzakelijk gegevens gebruikt van het simultaanonderzoek, waarbij vrijwel alle polders zijn betrokken (PWS, 1959 tot en met 1978). Ook in deze nota zijn deze gegevens opgenomen, waardoor de situatie in het polderwater, met enig voorbehoud, kan worden weergegeven (zie eveneens bijl. 8 t/m 20).

De chlorideresultaten van de frequentere bemonstering in de jaren 1977 en 1978 is een waardevolle aanvulling. Hierbij zijn echter in het algemeen de Cl-gehalten bij de gemalen gemeten. Incidenteel zoals in de Wieringermeer en Westfriesland zijn een aantal polderpunten meegenomen. In de genoemde jaren heeft eveneens een uitgebreid geo-hydrologisch onderzoek plaatsgevonden. In de periode van vóór 1977 zijn slechts een gering aantal polders opgenomen, waarbij in vele gevallen de bemonsteringsfrequentie eveneens gering was (zie bijl. 37 t/m 41).

Om een inzicht te krijgen van de chloridetoestand van het polderwater is uit de bestaande gegevens een overzichtstabel gemaakt. Hierin zijn voor de periode 1977 en 1978 de gemiddelde-, maximum- en minimumgehalten vermeld van een aantal polders per detailgebied. De gegevens hebben betrekking op een gemiddelde zomer en gemiddelde winter. Ter vergelijking zijn de Cl-klassen opgenomen (tabel 7).

Mede aan de hand van de kaartbeelden blijkt dat de situatie in de onderscheiden gebieden als volgt kan worden omschreven:

- In gebied A (Schermmerboezem Zuid en Waterland) lopen de zomergemiddelden in het polderwater uiteen van circa 300 tot circa 1500 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (klassen 4 t/m 7). De maximumwaarden liggen, vooral in de kwelpolders, aanzienlijk hoger. De situatie in de winterhalfjaren is in het algemeen niet veel anders. De maximumgehalten zijn echter regelmatig hoger. In de drooggemaakte Veenpolder, gelegen bij de polder Assendelft, komt sterk verzilt water voor waarbij Cl-gehalten van meer dan 2000 mg/l voorkomen. Matig verzilt water wordt onder andere aangetroffen in de Wijde Wormer en in de droogmakerijen in Waterland. Binnen deze polders worden plaatselijk hoge concentraties gemeten, die voor een belangrijk deel worden veroorzaakt door zout kwelwater. Er komen vrij veel gasbronnen voor, die eveneens zout grondwater leveren (TOUSSAINT en BOOGAARD, 1978; TOUSSAINT en PANKOW, 1981). Bij vergelijking van de jaren onderling blijkt dat er tijdelijk enige verbetering (verlaging van het Cl-gehalte) optreedt. In het algemeen liggen de gehalten op hetzelfde niveau. De minimumgehalten variëren van circa 120 tot circa 550 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (klassen 1 t/m 5) (zie eveneens bijl. 37).
- In gebied B (Schermmerboezem Midden), waarin droogmakerijen als de Beemster, de Purmer en de Schermer voorkomen, liggen de chlorideconcentraties in het polderwater op een redelijk aanvaardbaar niveau. Echter in de Schermer en in de polder Graftermeer (in het heemraadschap Eilandspolder) komen respectievelijk gemiddelde Cl-gehalten voor van circa 700 en circa 1500 mg/l. De maxima liggen bij circa 1700 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ . De gemiddelden en maxima komen overeen met Cl-klassen 5 t/m 7. In de overige polders lopen de Cl-gehalten uiteen van circa 240 mg tot circa 500 mg/l (klassen 2 t/m 4). De gemiddelde concen-

**Tabel 7. Gemiddelde chlorideconcentraties van polderwater in zomer- en winterhalfjaar**

		Detailgebied A											
		zomer 1977/'78		winter 1977/'79		zomer 1977/'78		winter 1977/'78		gem. max. min. Cl-klasse		gem. max. min. Cl-klasse	
		gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.	gem. max.	min.
Detailgebied A													
	genaai	1542	2240	524	1165	2174	220	7	8	5	7	8	2
Pld. Assendelft	inf.	378	471	313	344	427	312	4	4	4	4	4	4
Pld. Oostzaan	inf.	392	755	348	1340	124	4	6	2	4	6	2	7
Waterland	kwel/inf.	422	550	333	404	1330	382	4	5	4	4	4	7
Waterland	kwel/inf.	800	1210	515	972	1271	395	6	7	5	6	7	4
Wijde Wormer	kwel/inf.												
Detailgebied B													
	genaai	371	507	240	372	518	124	4	5	2	4	4	5
De Beemster	kwel	243	317	168	191	255	101	2	4	1	1	1	3
De Beemster	kwel	469	750	423	453	740	179	4	6	4	4	5	1
De Purmer	kwel	481	945	277	377	688	121	4	6	3	4	4	5
De Schermer	kwel	720	1720	345	813	1736	202	5	7	4	6	7	2
De Schermer	kwel	1479	1728	1135	1277	1786	444	7	7	7	7	7	4
Pld. Graffermeer	kwel	493	812	221	387	498	140	4	6	2	4	4	1
Noordeindermeer	kwel	331	420	211	269	439	96	4	4	2	3	4	1
Eilandspld.	inf.	240	317	168	203	456	65	2	4	1	2	4	1
Pld. Beetskoog	inf.	294	350	212	267	465	91	3	4	2	3	4	1
Pld. Katwoude	inf.	254	325	186	216	342	43	3	4	1	2	4	1
Pld. Zeevang	inf.	362	509	286	304	572	207	4	5	3	4	5	2
Zuidpld. bij Edam	inf.												
Detailgebied C													
	genaai	324	380	270	320	394	176	4	4	3	4	4	1
Pld. Geestnerambacht	kwel	317	396	249	262	337	104	4	4	2	3	4	1
Pld. Heerhugowaard	kwel	250	290	138	172	229	89	3	3	1	1	2	1
Niederperkotte	kwel/inf.	268	316	172	209	239	63	3	4	1	2	2	1
Slikkenpolder	inf.												
Detailgebied E													
	genaai	3518	6310	565	2793	6410	690	8	8	5	8	8	5
Wieringermeer	kwel	2654	6164	704	2592	6560	694	8	8	5	8	8	5
Wieringermeer	kwel												
Detailgebied F (Westfriesland)													
	genaai	444	510	269	330	500	154	4	5	3	4	5	1
Pld. Baarsdorpermeer	kwel	238	298	199	183	249	112	2	3	1	1	2	1
Pld. De Drieban	kwel/inf.	251	284	180	192	263	154	3	3	1	1	3	1
Pld. De Drieband	kwel/inf.	234	338	135	182	300	98	2	4	1	1	4	1
Pld. Het Grootslag	kwel/inf.	247	442	165	240	379	154	2	4	1	2	4	1
Pld. Het Grootslag	kwel/inf.	218	314	140	110	170	64	2	4	1	1	4	1
Oosterpld.	inf.	231	384	192	224	322	130	2	4	1	2	4	1
Pld. Schellinkhout	inf.	257	358	97	186	281	81	3	4	1	1	3	1
De Vier Noorderkogge	kwel/inf.	224	275	210	151	256	91	2	3	2	1	3	1
De Vier Noorderkogge	kwel/inf.	243	372	150	247	530	60	2	4	1	2	5	1
Westerkogge	kwel	268	378	97	167	268	89	3	4	1	1	1	3
Westerkogge	kwel												

traties zijn in de zomers in het algemeen hoger dan in de winters, terwijl de maximumwaarden in veel polders 's winters hoger zijn. Opvallend zijn de lage minimumgehalten, die in het polderwater van gebied B voorkomen. De gehalten lopen uiteen van circa 40 tot 450 mg/l, waarvan het merendeel beneden de 200 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  ligt (klasse 1). De variatie binnen de polders is verschillend.

In onder andere de Schermer blijkt het zuidelijk gedeelte aanzienlijk zouter dan het noordelijk deel, mede als gevolg van het verschil in  $\text{Cl}$ -gehalte van het kwelwater. In het algemeen zijn de variaties in de infiltratiepolders gering. Dit in tegenstelling tot de polders waar kwel voorkomt (tabel 7, bijl. 38). Hoe de situatie binnen een infiltratiepolder zoals de Beetskoog wordt aangetroffen en in hoeverre het  $\text{Cl}$ -gehalte wordt beïnvloed door o.a. ingelaten boezemwater geven de resultaten van een gedetailleerd onderzoek, dat door TOUSSAINT en PANKOW in 1977 en 1978 is uitgevoerd (1981). De verschillen tussen de jaren onderling zijn eveneens gering. Ten opzichte van 1974 lijkt de situatie in 1977 en 1978 verbeterd (kaartbeelden I, V, VI, IX en X).

- De chloridetoestand in gebied C (Verenigde Raaksmats- en Niedorperkoggeboezem, Schagerkoggeboezem en Schermerboezem-West) kan worden beschouwd als redelijk tot goed. De chloridegehalten in de verschillende polders (ten oosten van het Noordhollandsch Kanaal) vertonen zowel in de zomer- als winterhalfjaren in de meeste gevallen geen grote verschillen. De gemiddelde concentraties lopen in de zomers uiteen van circa 220 tot 330 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (klassen 2 t/m 4); in de winters zijn de gehalten in de meeste polders circa 50 tot 70 mg lager. De gemeten maximumwaarden zijn niet extreem hoog, de minima bereiken waarden die vooral in de winter rond of beneden de 100 mg liggen (tabel 7, bijl. 39).

In het gebied ten westen van het Noordhollandsch Kanaal komen grote verschillen in  $\text{Cl}$ -gehalten voor. Extreem hoge concentraties van meer dan 10 000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  zijn gemeten in het polderwater van de Leipolder en de Verenigde Harger- en Pettemerpolder, als gevolg van de invloed van de dijkskwel via de Hondsbossche Zeewering. Zoals reeds eerder bij het boezemwater is vermeld wordt de Hondsbossche Vaart vooral bij monsterplaats 110 sterk beïnvloed door het zeer zoute uitgeslagen



polderwater. Het water in de overige polders van dit gebied heeft in de zomers een gemiddeld Cl-gehalte van circa 600 mg/l, in de winters circa 400 mg (klassen 4 en 5).

Het water in de polders langs de duinen heeft gemiddeld een Cl-gehalte beneden de 200 mg/l (zie kaartbeelden I t/m VI).

Het is opvallend dat het polderwater in gebied C tussen de jaren onderling geringe verschillen in chlorideconcentratie vertoont (bijl. 8 t/m 20, en bijl. 39).

- De situatie in gebied D (Schermerboezem Noord) wordt geheel beschreven aan de hand van het simultaanonderzoek omdat bij de frequentere bemonstering geen polderpunten zijn opgenomen.

Uit de analyses blijkt dat binnen de Zijpe- en Hazepolder de Cl-gehalten verschillen. In het oostelijke gedeelte komen gemiddelde gehalten voor van circa 300 tot circa 350 mg/l zowel in de zomer als de winter (klassen 3 en 4). In het meer westelijk gelegen gedeelte liggen de concentraties in de meeste gevallen beneden de 100 mg/l, terwijl in het noorden van de polder concentraties van circa 300 tot 400 mg/l voorkomen. In het zuidwestelijk gedeelte zijn de gehalten hoger en lopen in zomer en winter uiteen van 400 tot 500 mg Cl<sup>-</sup>/l. De invloed van dijkskwel van de Hondsbossche Zeewering is hier merkbaar. In de kaartbeelden I tot en met VI komt dit duidelijk tot uiting. In de polder Koegras zijn waarden gemeten van circa 350 tot 500 mg Cl<sup>-</sup>/l. In de winters zijn in het algemeen de gehalten hoger dan in de zomers. In gebied D komen de chlorideconcentraties nagenoeg niet boven klasse 4, uitgezonderd in het zuidwesten van de Zijpe- en Hazepolder, waar in sommige jaren Cl-klasse 6 voorkomt (zie kaartbeelden I t/m VI en bijl. 8 t/m 20).

- In gebied E (Amstelmeerboezem en Wieringermeer) kan de situatie als volgt worden omschreven. Voor de Anna Paulownapolder, de Wieringerwaard en de Waard- en Groetpolder zijn bij gebrek aan andere gegevens de chloridegehalten ontleend aan het simultaanonderzoek. Voor de Wieringermeer konden tevens analyses van frequentere bemonstering worden gebruikt. In de Anna Paulownapolder zijn duidelijke verschillen in Cl-gehalten aanwezig. In het westelijke gedeelte van de polder, met name in de Westpolder, lopen de gemiddelde gehalten in de zomer uiteen van circa 600 tot meer dan 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l (klasse 5 t/m

7) en in de winter van circa 300 tot 750 mg/l (klassen 3 t/m 5). Het polderwater ten oosten van de van Ewijcksvaart en het Oude Veer in de Oostpolder is aanzienlijk zouter en bevat in zomers en winters gemiddeld meer dan 1000 mg  $\text{Cl}^-$ /l. In enkele jaren zoals in 1974 en 1975 lagen de gehalten lager, namelijk circa 750 mg/l. Incidenteel zijn extreme waarden gemeten van meer dan 2000 mg/l. In de meeste gevallen komen de concentraties overeen met klasse 7 en 8 (kaartbeelden I t/m VI, bijl. 8 t/m 20). Het verloop van het  $\text{Cl}^-$ -gehalte in de Westpolder is uitvoerig beschreven door TOUSSAINT en PANKOW (1981). In het polderwater van de Wieringerwaard komen chlorideconcentraties voor van gemiddeld circa 350 mg/l in de zomers tot circa 250 mg in de winters. In de Waardpolder zijn de gehalten circa 100 mg/l hoger, terwijl het polderwater in de Groetpolder aanzienlijk hogere gehalten bevat, namelijk circa 1000/750 mg  $\text{Cl}^-$ /l in respectievelijk gemiddelde zomer en winter. De verschillen tussen de jaren onderling zijn gering. Uit de kaartbeelden blijkt een geringe toename in 1977 en 1978. Terwijl in de Wieringerwaard de gehalten overeenkomen met klasse 2 en 3, valt het polderwater in de Waardpolder in  $\text{Cl}^-$ -klassen 3 en 4 en dat in de Groetpolder in klassen 5 en 6. Evenals in de Anna Paulownapolder komen extreme waarden van meer dan 2000 mg voor (klasse 8).

In de Wieringermeer komen gemiddeld de hoogste chlorideconcentraties voor. De variatie binnen de polder is bijzonder groot. In het noordwestelijke gedeelte zijn de waarden aanzienlijk lager dan in het oostelijke gedeelte, mede als gevolg van het ingelaten water uit het Amstelmeerkanaal en het Waardkanaal. Uit het simultaanonderzoek blijkt, dat de  $\text{Cl}^-$ -gehalten in het westelijke gedeelte in de gemiddelde zomers en winters respectievelijk circa 1100 en circa 900 mg/l bedragen (klassen 6 en 7). Voor het oostelijke gedeelte lopen deze waarden respectievelijk uiteen van 5500 tot 4200 mg en van 4400 tot 3000 in zomer en winter. Deze waarden liggen allen in klasse 8. Uit de resultaten van de frequentere bemonstering blijkt dat het  $\text{Cl}^-$ -gehalte in het polderwater in de zomers en winters van 1977 en 1978 gemiddeld respectievelijk circa 3500 en 2800 mg/l bedraagt en in zomer en winter 'bij de gemalen' circa 2600 mg/l. De maxima voor zomer en winter lopen uiteen van circa 6100 tot 6500 mg  $\text{Cl}^-$ /l. Afzon-

derlijk gezien is het uitgeslagen water bij gemaal Leemans aanzienlijk zouter dan bij gemaal Lely. Beiden lozen echter op het IJsselmeer (bijl. 40).

- In gebied F (Westfriesland) variëren de chlorideconcentraties in de gemiddelde zomer en winter van respectievelijk circa 220 tot 450 mg/l en van 150 tot 350 mg/l (klasse 2 t/m 4 en 1 t/m 4). De maximumwaarden liggen circa 50 tot 100 mg hoger (klassen 3 t/m 5), de minimum gehalten lopen uiteen van circa 100 tot circa 270 mg/l in de zomer en van circa 60 tot circa 150 mg/l in de winter. Deze waarden komen nagenoeg allen overeen met klasse 1. De hoogste concentraties namelijk circa 500 mg komen voor in polder Baarsdorpermeer en plaatselijk in de Westerkogge. In Westfriesland komen in vergelijking met de andere gebieden gemiddeld lage chlorideconcentraties in het polderwater voor. Incidenteel zoals in de Proefpolder onder Andijk en enkele andere kleine polders komen hogere Cl-gehalten voor. De verschillen tussen de jaren onderling zijn niet groot. Vergelijking van de kaartbeelden toont echter een merkbare verlaging van het Cl-gehalte in de laatste jaren (kaartbeelden I en VIII met V, VI, IX en X; 1974 met de jaren 1977/1978). De resultaten van het simultaanonderzoek komen duidelijk overeen met die van de frequentere bemonstering (kaartbeelden I t/m X, bijl. 8 t/m 20 en 41).

De situatie in de Baarsdorpermeerpolder wijkt af van die in andere polders als gevolg van de belangrijke bijdrage door gas- en koelbronnen. De kwaliteit van het polderwater wordt voor een aanzienlijk deel hierdoor bepaald. Het Cl-gehalte en het verloop hiervan is uitvoerig beschreven door TOUSSAINT en PANKOW (1981).

#### 5.1.2. Verlooplijnen voor een aantal monsterplaatsen in boezem- en polderwater

Voor een aantal markante punten in het boezem- en polderwater van Noord-Holland zijn verlooplijnen gemaakt, waarin alle chloridegehalten van de betreffende onderzoeksperiode zijn opgenomen. In bijlagen 42 t/m 44 en 51 t/m 53 zijn de Cl-gehalten van respectievelijk het simultaanonderzoek en van frequentere bemonsteringen in het boezemwater weergegeven. Uit het verloop is een duidelijk verschil te constateren van de chlorideconcentraties in zomer- en winterhalfjaren. In de trans-

portweg vindt er vanaf het inlaatpunt bij Lutje Schardam via het Noordhollandsch Kanaal naar Den Helder voor alle jaren een stijging van het Cl-gehalte plaats. Opvallend is dat de hogere concentraties zowel in de zomer- als in de winterhalfjaren voorkomen. Dit kan waarschijnlijk worden toegeschreven aan de hoeveelheid uitgeslagen polderwater met vrij hoge Cl-gehalten. Er is een tendens van een verlaging van de concentraties vanaf 1972-1973, speciaal bij Kooybrug en Westeinde in het Noordhollandsch Kanaal (monsterplaats 2 en 6). De invloed van de sluisen 'de Helsdeuren' is hier duidelijk merkbaar en geven een aanzienlijke kwaliteitsverbetering (bijl. 42 en 51). In het traject Lutje Schardam - Kolhorn via Wijzend en Kanaal Omval - Kolhorn verloopt het Cl-gehalte in de verschillende jaren vrij regelmatig met in de zomers hogere concentraties dan in de winter. De maximum gehalten komen echter niet boven de 400 mg per liter (m.p. 104 en 96; bijl. 52). Het verloop bij monsterplaats 116 geeft aan, dat voornamelijk in de zomers de invloed van het Amstelmeer merkbaar is. Regelmatig komen Cl-gehalten voor van meer dan 1000 mg/l (bijl. 52).

Het verloop in de transportweg vanaf het inlaatpunt 31 bij Monnikendam via de Tapsloot (m.p. 62) en via De Deilings (m.p. 78) naar de Zaan en de Nauernasche Vaart wordt gegeven in bijlagen 43, 44 en 53.

Monsterplaatsen 31 en 62 geven een regelmatig verloop met in de winterhalfjaren hogere Cl-concentraties dan in de zomerhalfjaren. In de Nauernasche Vaart verloopt het Cl-gehalte zeer onregelmatig met afwisselend lage en hoge waarden. Dit kan worden toegeschreven aan de invloed van het Noordzeekanaal en het uitgeslagen polderwater. De chlorideconcentraties in de Zaan verlopen na 1972 regelmatig dan voordien. Na gebruik van het nieuwe Zaangemaal zijn de gehalten aanzienlijk lager en is er een sterke verbetering opgetreden (zie bijl. 44 en 53).

Het verloop van de concentraties in enkele polders wordt weergegeven in bijlagen 45 t/m 49 en 54 t/m 56. In de Schermer verloopt het Cl-gehalte zeer onregelmatig. De niveauverschillen tussen de twee gemalen komen eveneens duidelijk tot uiting. In polder Heerhugowaard is het verloop regelmatig. In beide polders treedt na 1974 een aanzienlijke verbetering op, dat tot uiting komt in een duidelijke verlaging van het Cl-gehalte (bijl. 54). De beelden in de Wieringermeerpolder

vertonen een zeer wisselend en grillig verloop. Dit wordt mede veroorzaakt door de grote verschillen in Cl-gehalte van het kwelwater (bijl. 48, 49 en 55). Eenzelfde beeld wordt waargenomen in polder De Wijde Wormer (bijl. 46). In een aantal andere polders, met name Geestmerambacht, Twiskepolder, Drieban-Oosterpolder en het Grootslag in Westfriesland, en in infiltratiepolders zoals Zeevang verlopen de concentraties regelmatig. De invloed van veranderde omstandigheden door bijvoorbeeld uitgevoerde ruilverkavelingen zijn plaatselijk duidelijk merkbaar. In onder andere het Grootslag en Geestmerambacht lijkt dit geleid te hebben tot verlaging van het Cl-gehalte, mede als gevolg van passende maatregelen voor doorspoeling (bijl. 45, 47, 56).

## 5.2. C o r r e l a t i e s   t u s s e n   d e   C l - g e h a l t e n

Voor de detailgebieden en voor een aantal monsterplaatsen is het verband nagegaan tussen het chloridegehalte van het boezemwater en van het ingelaten water uit het Markermeer. Bij de berekening van de correlatiecoëfficiënt en regressielijn is uitgegaan van de gemiddelde waarden per zomerhalfjaar in de periode 1968 t/m 1978, terwijl voor de afzonderlijke monsterplaatsen het basismateriaal van twee of meer jaren van zomers en winters in bovengenoemd tijdvak is gebruikt.

Uit fig. 6 blijkt dat in de gebieden A, B, C en E het verband tussen de Cl-gehalten van het boezemwater en het ingelaten Markermeerwater nagenoeg lineair verloopt. Dit betekent dat het Cl-gehalte in het boezemwater gemiddeld over de zomer toeneemt naarmate de concentratie van het chloride-ion in het water van het Markermeer hoger is. De bij de figuren vermelde regressiecoëfficiënten verschillen tussen de gebieden onderling als gevolg van de invloed door interne zoutbronnen. Zo blijkt namelijk dat het Cl-gehalte in het boezemwater van gebied B en C zeer nauw correleert met het gehalte in het Markermeer. In gebieden A en E, waar tuinbouwgewassen voorkomen (in gebied E veel bollenteelt die zoutgevoelig zijn), blijkt de invloed van de interne verzilting merkbaar groter, alhoewel de Cl-gehalten nog duidelijk correleren. In het boezemwater van gebied D is het verband tussen de Cl-gehalten minder duidelijk. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de invloed van de interne bronnen aanzienlijk groter is, ondanks de lagere gemiddelde concentraties.

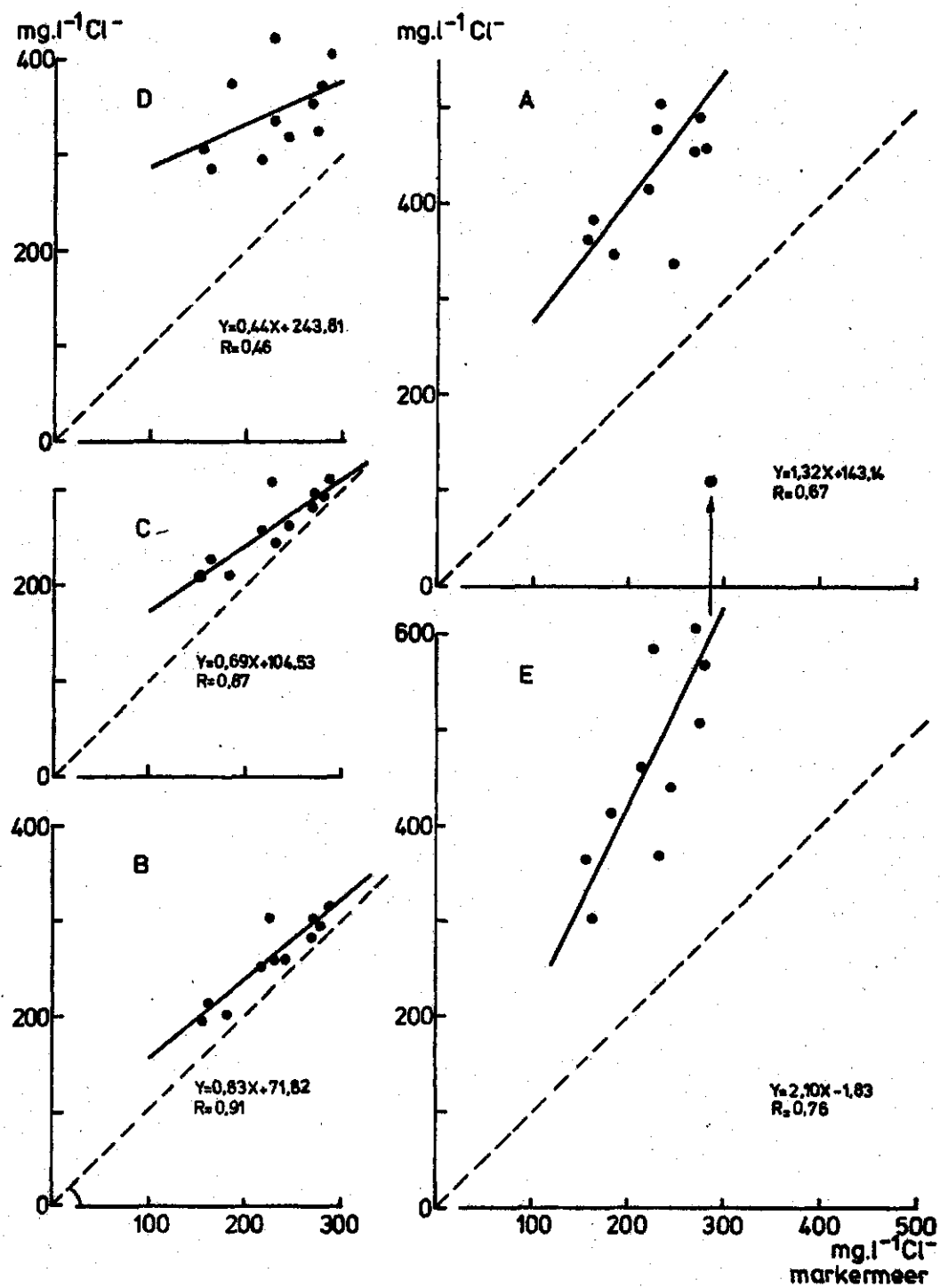


Fig. 6. Het verband tussen de Cl-gehalten in het Markermeerwater en die in het boezemwater van de detailgebieden voor zomerhalfjaren 1968-1978

De correlaties tussen de zoutgehalten van het ingelaten water en een aantal monsterplaatsen in de watertransportweg naar Den Helder en naar het Noordzeekanaal zijn gegeven in bijlagen 57 tot en met 66. Uit de verbanden blijkt, dat alleen de chloridegehalten van de monsterplaatsen, die het dichtst bij het inlaatpunt liggen, enigszins correleren met die van het ingelaten water en vrijwel alleen in de zomerhalfjaren. In dit verband kunnen worden genoemd: het Cl-gehalte van het ingelaten water bij Lutje Schardam (m.p. 21) en die in het Noordhollandsch Kanaal bij Alkmaar (m.p. 18, bijl. 57); het Cl-gehalte bij de inlaat te Monnikendam (m.p. 31) en die bij de monsterplaatsen 26 en 23 respectievelijk in de Beemsterringvaart bij Purmerend en in het Noordhollandsch Kanaal bij De Deilings (bijl. 60 en 62). Uit de resultaten zou kunnen worden geconcludeerd, dat de andere gekozen monsterplaatsen in grote mate door interne zoutbronnen worden beïnvloed. Zoals reeds is beschreven geeft de correlatie tussen de gemiddelde Cl-gehalten van meer monsterplaatsen per gebied een betere informatie.

### 5.3. Invloed van interne en externe zoutbronnen

Uit de reeds in deze nota beschreven resultaten blijkt, dat het oppervlaktewater in Noord-Holland zowel door interne- als externe zoutbronnen wordt belast. De interne bronnen van verzilting bestaan uit 2 hoofdgroepen, namelijk:

- I de industrie, die zout koelwater veelal op de boezem brengt;
- II de polders, die met het zout van de kwel, de gas- en koelbronnen, de landbouw, de neerslag, het huishoudelijk afvalwater en overige lokale bronnen worden belast.

Aan de hand van water- en zoutbalansen is door RYHINER (1981) van een 16-tal polders c.q. waterschappen de interne chloridebelasting berekend over de periode april 1977 - april 1978. Door STEENVOORDEN en DAAMEN (1981) is onderzoek verricht naar de chloridebelasting van het gebied van de Schermerboezem over de periode april 1974 - april 1979. De resultaten worden hierbij kwantitatief weergegeven.

De genoemde interne bronnen van verzilting zullen plaatselijk het

Cl-gehalte van het oppervlaktewater sterk doen toenemen. In dit onderzoek is gebleken, dat bepaalde boezem- en polderwateren dienaangaande sterk worden verontreinigd. De invloed van het grondwater met name door kwel is uitvoerig nagegaan door WIT (1981). Hiertoe is voor het gehele onderzoeksgebied, bestaande uit 39 subgebieden (hydrologische eenheden) een kwel-infiltratiekaart vervaardigd, waarin de meest recente gegevens zijn opgenomen. De invloed van de gas- en koelbronnen is onderzocht door TOUSSAINT en BOOGAARD (1978). Aan de hand van uitgebreid geo-hydrologisch- en waterkwaliteitsonderzoek is de chloride-belasting van het grondwater berekend. De kwaliteit van het grondwater met betrekking tot het Cl-gehalte is uitvoerig beschreven door WITT (1980) en VAN REES VELLINGA en WITT (1980). In deze nota's is aangetoond op welke plaatsen de interne verzilting merkbaar is.

De externe verzilting wordt in hoofdzaak veroorzaakt door het binnendringen van zout via schut- en inlaatsluizen en inlaatgemalen vanuit de Noordzee, de Waddenzee, het Noordzeekanaal en het ingelaten Markermeer- c.q. IJsselmeerwater. Sedert enkele jaren zijn door de in het gebied opererende instellingen PWS en US met succes maatregelen getroffen om de zoutindringing te verminderen zoals bij Den Helder en bij Zaandam. Ook de frequente doorspoeling van de boezem heeft een positief effect, gezien de waargenomen kwaliteitsverbetering c.q. verlaging van de Cl-gehalten.

Gezien het doel van deze nota zijn de resultaten ten aanzien van de verzilting alleen kwalitatief weergegeven.

#### 5.4. De invloed van de hoeveelheid neerslag op het Cl-gehalte

Gezien het vaak grillige neerslagpatroon en het vertragingseffect ten aanzien van eventuele verandering in concentraties zijn de gemiddelde Cl-gehalten en neerslagsommen van zomer en winter gebruikt. Zoals uit tabel 6 en fig. 7 blijkt kan de in een bepaalde periode gevallen hoeveelheid neerslag invloed hebben op het verloop en de concentratie aan chloride-ionen van het water. In sommige zomers en winters is het effect merkbaar, speciaal in die gebieden waar het boezemwater met veel zout wordt belast. Dit effect blijkt evenwel tussen de sei-



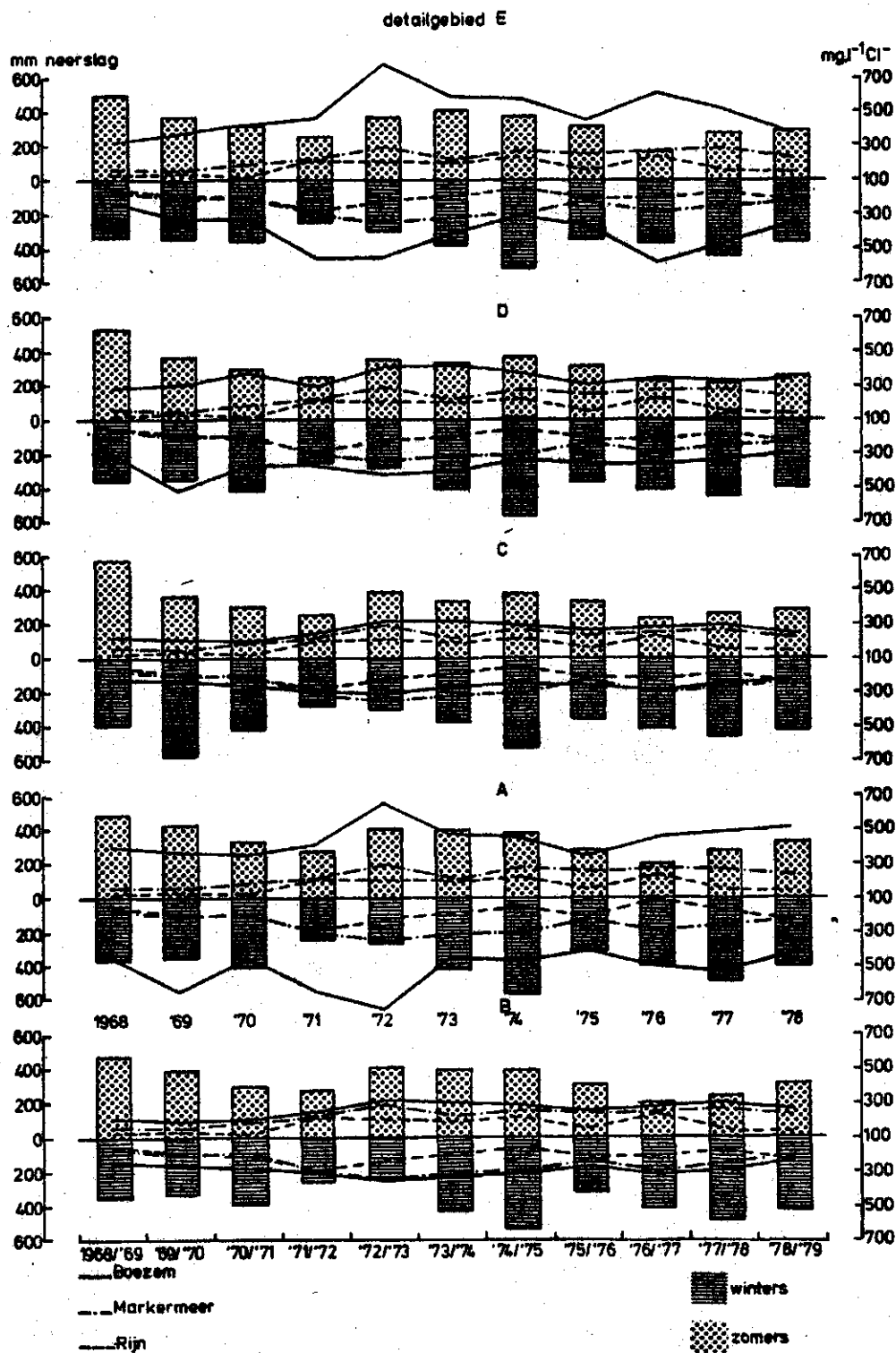


Fig. 7. Het verloop van het gemiddeld Cl-gehalte en de hoeveelheid neerslag per detailgebied voor zomer- en winterhalfjaren

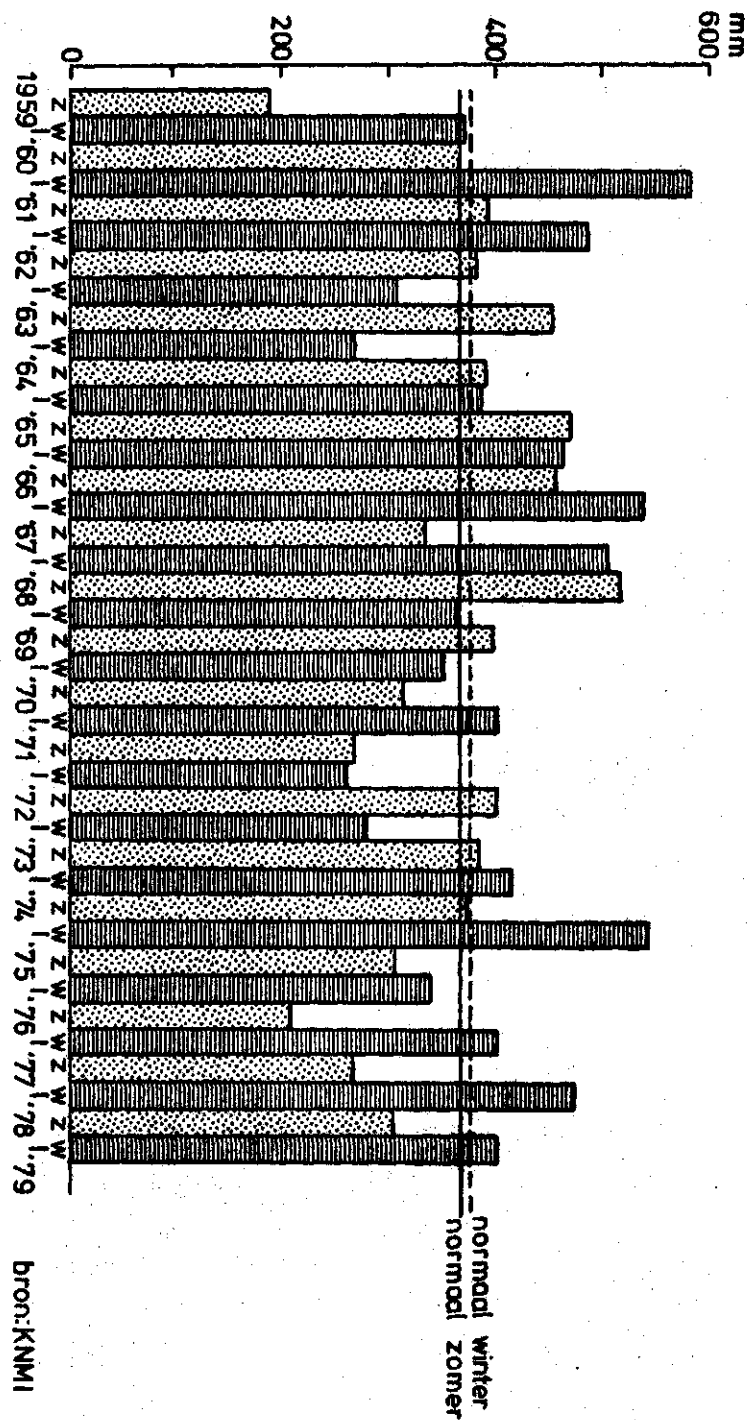


Fig. 8. Gemiddelde halfjaarlijkse neerslag van 27 waarnemingsstations in Noord-Holland benoorden het IJ

zoenen onderling niet altijd hetzelfde te zijn. Dit kan het gevolg zijn van de neerslagverdeling binnen een bepaald tijdvak. Als voorbeeld moge dienen: een grote hoeveelheid neerslag zou duiden op een natte zomer of winter (laag Cl-gehalte). Deze hoeveelheid kan echter of binnen een bepaald tijdsbestek of zeer verdeeld gevallen zijn waardoor er in de betreffende zomer of winter in verhouding tot de hoeveelheid neerslag slechts een geringere verdunning kan zijn opgetreden. In dit verband zou het werken met kortere perioden aanbeveling verdienen, ware het niet dat de verdeling binnen het gebied vaak grillig is en dat er min of meer een vertragingseffect optreedt. Uit correlatieberekeningen is dan ook gebleken, dat het verband tussen het Cl-gehalte en de hoeveelheid neerslag voor de afzonderlijke detailgebieden gering is. De correlatiecoëfficiënten zijn extreem laag.

Het gemiddelde Cl-gehalte blijkt in het algemeen lager naarmate de totale hoeveelheid neerslag in een zomer- of winterhalfjaar groter is, terwijl bij weinig regenval het gehalte stijgt als gevolg van een minder sterk verdunningseffect. Dit geldt zowel voor het boezem- als voor het polderwater. Gezien de langere verblijftijd van het water in de polders zal het effect groter zijn. Uit de gegeven resultaten kan worden geconcludeerd, dat de neerslag een bijdrage kan leveren aan de beperking van de verzilting van het oppervlaktewater. Eenzelfde effect is bekend van de concentratie van het chloride-ion in het Rijn- en IJsselmeerwater. Hier is eveneens het Cl-gehalte beduidend lager naarmate de hoeveelheid water, voor een deel afhankelijk van de regenval, in het stroomgebied groter is. In fig. 8 is de gemiddelde halfjaarlijkse neerslag van 27 waarnemingsstations opgenomen.

#### 5.5. Invloed van de Rijn op het chloridegehalte in de IJssel, in het IJsselmeer c.q. Markermeer

Nagenoeg al het water, dat in het onderzoeksgebied van Noord-Holland wordt ingelaten ten behoeve van peilbeheersing en verversing, wordt geleverd door het IJsselmeer. De kwaliteit van dit water is vooral in de zomerperiode van groot belang en mede bepalend voor de kwaliteit van het oppervlaktewater in het gebied.

Het IJsselmeer wordt onder andere gevoed door de waterafvoer van de aangrenzende gebieden. Een belangrijke aanvoer van water levert de IJssel, die via het stroomgebied door Gelderland en Overijssel water transporteert naar Kampen, waar het in het IJsselmeer komt. In de droge zomer van 1976 was de afvoer van deze rivier circa  $260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , in een 'normale' zomer circa  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . De IJssel wordt weer gevoed door Rijnwater. Dit betekent dat de kwaliteit van het Rijnwater (bij Lobith) indirect van invloed is op de kwaliteit van het IJsselmeer- en van het Markermeerwater, dat als inlaat voor Noord-Holland wordt gebruikt. De laatste jaren is sterk de aandacht gevestigd op de toenemende verontreiniging (verzilting) van het Rijnwater en de eventuele invloed hiervan op de kwaliteit van het oppervlaktewater in bepaalde gebieden van Nederland.

Aan de hand van regressieberekeningen is getracht na te gaan of er verband bestaat tussen de chlorideconcentraties van het Rijnwater en die van het water in de IJssel en het Markermeer. Uit fig. 9 blijkt dat het verband tussen de Cl-gehalten van het Rijnwater bij Lobith en die in de IJsselmond bij Kampen voor de gemiddelde zomers 1968 tot en met 1978 lineair verloopt (correlatie- en regressiecoëfficiënt respectievelijk 0,98 en 1,08). Berekeningen met alle analyses geven eenzelfde uitkomst. Dit houdt in, dat de Cl-gehalten van het Rijnwater nagenoeg identiek zijn aan die van het IJsselwater en tijdens het transport door de IJssel niet veranderen. Het verband tussen de concentraties van de IJssel en het water in het Markermeer is minder duidelijk als gevolg van veranderingen binnen het IJsselmeer doch verloopt lineair evenals het verband tussen het Rijn- en Markermeerwater.

De Cl-gehalten van het Rijnwater en het Markermeerwater correleert vrij nauw met die van het boezemwater (gemiddeld over het gehele gebied) in Noord-Holland (fig. 10). De gemiddelde gehalten van het Rijn- en IJsselwater lopen in de zomerhalfjaren van 1968 tot en met 1978 uiteen van circa 115 mg in 1970 tot circa 245 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  in 1976. De gehalten in het Markermeer in dezelfde periode van ca. 160 tot 275 mg/l. De toename van de chlorideconcentratie vanaf de Rijn bij Lobith tot in het Markermeer bedraagt in de gemiddelde zomer (1968-1978) circa 60 mg per liter met een spreiding van ca. 10 tot 120 mg (tabel 6).

Het verloop van het Cl-gehalte in Rijn, IJssel en Markermeer

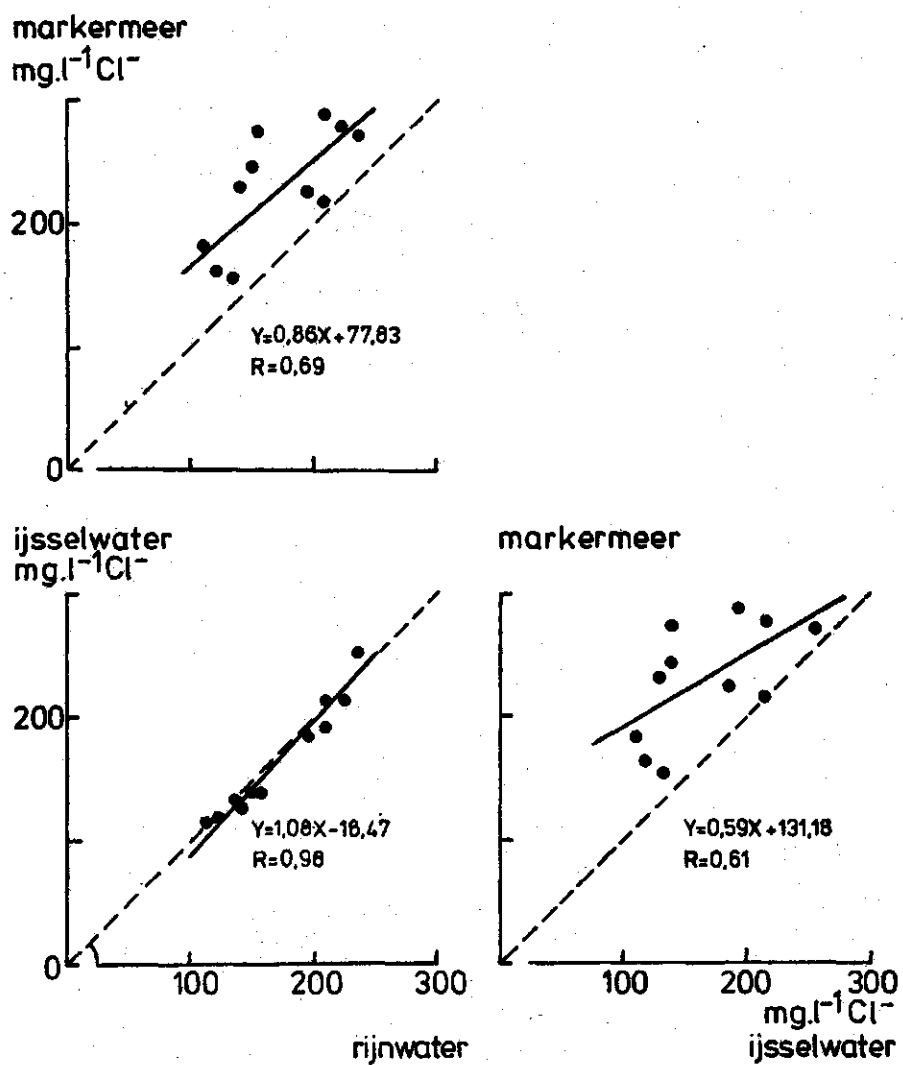


Fig. 9. Het verband tussen de Cl-gehalten in Rijn, IJssel en Markermeer in de gemiddelde zomers van de jaren 1968-1978

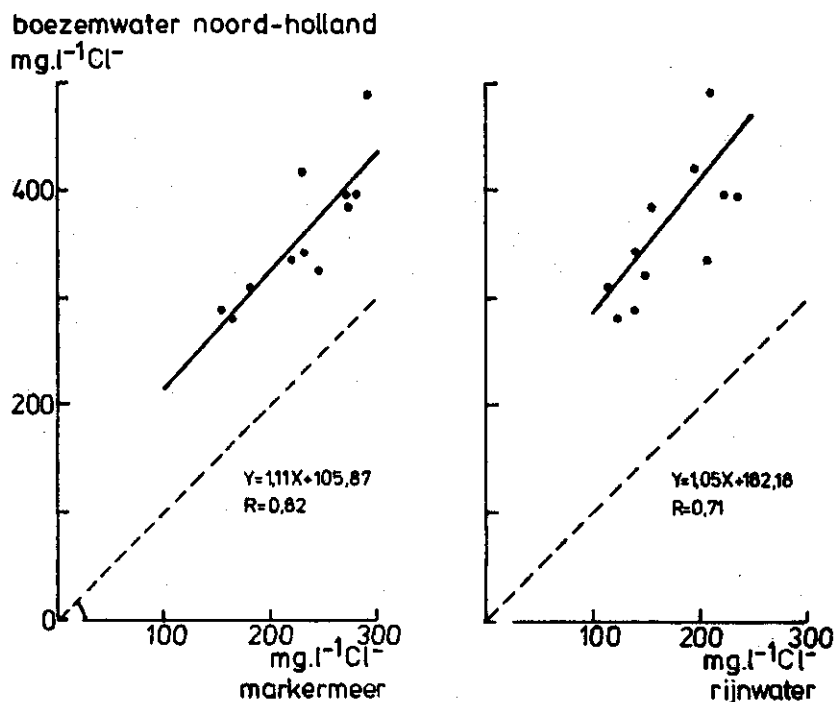


Fig. 10. Het verband tussen de Cl-gehalten in het boezemwater van Noord-Holland benoorden het IJ en dat in het Markermeer en de Rijn in de gemiddelde zomer van de jaren 1968-1978

wordt weergegeven in bijlage 50. Hieruit blijkt eveneens de invloed van het Rijn- c.q. IJsselwater op dat van het Markermeer. Maximumwaarden van meer dan 300 mg Cl<sup>-</sup>/l komen incidenteel voor, met name in zeer droge zomers en winters (zie eveneens bijlagen 1 t/m 3).

De conclusie is dat aan de hand van de onderzoeksresultaten kan worden vastgesteld dat er een duidelijke invloed is van het chloridegehalte van het Markermeerwater en in mindere mate van het Rijnwater op de verziltingstoestand van het oppervlaktewater in Noord-Holland.

## 6. SAMENVATTING

### 6.1. A l g e m e e n

De verzilting van het oppervlaktewater en de bestrijding hiervan vormt in een aantal gebieden, hoofdzakelijk gelegen in het westen van ons land, zo ook in de provincie Noord-Holland een punt van voortdurende zorg voor de waterbeheerders.

Sinds vele jaren en ook nu nog wordt de verziltingstoestand gehanteerd als indicatie voor de verontreiniging van het water. Het chloride-ion kan, zoals reeds uit vele onderzoeken is gebleken, voor een belangrijk deel bijdragen tot vermindering van de waterkwaliteit. Hiervoor zijn een aantal redenen te noemen. Chloride veroorzaakt toxische effecten bij verschillende gewassen. Het levert een grote bijdrage aan het totale zoutgehalte van verzilt water (ionenbalans) en heeft vrijwel geen aandeel bij bio-chemische processen, omdat chloride-ionen in oplosbare vorm voorkomen en blijven.

De ontwikkelingen in de laatste decennia, zoals van bevolking (toename - dichtheid), voortschrijdende industrialisatie, uitbreiding en intensivering van de agrarische sector nopen tot blijvende aandacht voor het behoud van een goede waterkwaliteit. Inherent hieraan is het gebruik van het water voor diverse doeleinden waarbij het 'milieu' een belangrijke rol speelt, met name voor recreatie en het behoud van natuurgebieden. Hiervoor worden eveneens bepaalde kwaliteitsnormen ten aanzien van chloride gesteld.

Ten behoeve van peilbeheersing en verversing wordt, hoofdzakelijk in het zomerhalfjaar, grote hoeveelheden Markermeerwater ingelaten. De kwaliteit van dit water is mede bepalend voor die van het boezemwater.

De verzilting kan worden veroorzaakt door externe en interne bronnen. Externe verzilting vindt plaats via sluizen en gemalen als gevolg van lek- en schutzout. Bovendien komt op verschillende plaatsen zout water via dijkskwel het gebied binnen.

Interne verzilting wordt veroorzaakt door kwel van diepe polders, door lozingen van koelwater, door lozingen van water vanuit gasbronnen, door lozingen van bronneringswater afkomstig van bepaalde werken, door

lozing van huishoudelijk- en industrieel afvalwater en door bemesting in de land- en tuinbouw. Genoemde bronnen kunnen aanleiding geven tot verhoging van het chloridegehalte.

De Cl-gehalten in het polderwater worden in belangrijke mate bepaald door onder andere de hydrologische omstandigheden ter plaatse. Om hier inzicht in te verkrijgen, is een uitgebreid geo-hydrologisch onderzoek verricht, waaruit onder meer kon worden vastgesteld in welke polders c.q. gebieden en in welke mate kwel of wegzijging optreedt (WIT, 1981). De resultaten van het grondwaterkwaliteitsonderzoek leverde een omvangrijke hoeveelheid chloridegegevens voor het gehele gebied op (WIT, 1980). Een studie over de invloed van de gas- en koelbronnen op de Cl-belasting van het polderwater resulteerde bovendien in een groot aantal analyses van het diepe grondwater (TOUSSAINT en BOOGAARD, 1978).

Het in het onderzoek beschouwde gebied is gelegen ten noorden van het Noordzeekanaal en het IJ, exclusief de eilanden Texel en Marken, en beslaat een oppervlakte van circa 190 000 ha, waarvan circa 112 000 ha cultuurgrond. Het boezem- en polderwater neemt respectievelijk 3100 en 8200 ha in beslag. Een overzicht van het grondgebruik wordt gegeven in tabel 1 (pag. 4).

Het gebied kenmerkt zich door een groot aantal droogmakerijen en een dicht stelsel van waterlopen. Er is een grote verscheidenheid in bodemsamenstelling, namelijk van lichte zandgronden zoals in het westen tot zeer zware kleigronden. Op veel plaatsen komen veengronden voor. De ondergrond van het gebied is zeer complex samengesteld (POMPER, 1979). Zowel op de lichte als zwaardere gronden komen land- en tuinbouwgewassen voor. Grasland wordt op alle grondsoorten aangetroffen, doch veelal op min of meer organische gronden.

De waterhuishouding is beschreven in hoofdstuk 2 onder par. 2.4 (pag. 5). Belangrijk is te vermelden dat vooral het Noordhollandsch Kanaal een belangrijke functie vervult als transportweg van het boezemwater. Voor het zuidelijk deel fungeert hoofdzakelijk de Zaan als een belangrijke watertransportweg (zie fig. 1a en 1b).

Het grote aantal polders hebben een overheersende invloed op de waterhuishouding in het gehele gebied. De hierin voorkomende polderwateren bepalen voor een aanzienlijk deel de kwaliteit van het oppervlaktewater in Noord-Holland.



Om een goed inzicht te krijgen in het onderzoeksgebied is het onderverdeeld in 6 detailgebieden, die in het algemeen overeenkomen met de gebiedsindeling, zoals door de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland (PWS) wordt gebruikt (fig. 1a t/m 1c).

Voor het verziltingsonderzoek zijn chloridegegevens gebruikt van de in het gebied opererende instellingen, hoofdzakelijk van PWS en het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland (US). Gezien de omvangrijke hoeveelheid voorhanden zijnde chloridegehalten van vele jaren was het mogelijk de situatie over een langere periode, namelijk vanaf 1959 tot en met 1978, na te gaan. Aan de hand van de analyses van de Noord-Hollandtochten (het zogenaamde simultaanonderzoek) zijn circa 75 monsterplaatsen in het boezemwater en circa 270 plaatsen in het polderwater betrokken. Van de frequentere bemonsteringen zijn circa 100 boezem- en 64 polderpunten gebruikt over de periode 1968 tot en met 1978. De frequentie van bemonstering loopt sterk uiteen. Bij het simultaanonderzoek werd 3 keer per jaar bemonsterd, uitgezonderd in 1978, waarbij vier opnamen per jaar plaatsvonden. Bij het overige verziltingsonderzoek liep de bemonsteringsfrequentie uiteen van dagelijks tot 4 keer per jaar. Bij 30 van de circa 100 boezempunten is dagelijks of wekelijks bemonsterd. Om een indruk te krijgen van het Cl-gehalte in het buitenwater zijn de analyses van het Rijnwater bij Lobith, van het IJsselwater bij Kampen en van zes plaatsen in het IJsselmeer opgenomen voor de periode 1959 tot en met 1978. De bemonsteringsfrequentie van deze buitenpunten loopt uiteen van 12 tot 26 keer per jaar. De lokatie van de monsterplaatsen is gegeven in fig. 1a en 1b, die van de polders in fig. 1c. De omschrijving van de punten is vermeld in tabel 2a en 2b (blz. 12 en 16).

De Cl-gehalten zijn met behulp van een computer verwerkt. De resultaten zijn voor de gemiddelde zomers en winters of per opnamedatum (simultaanonderzoek) weergegeven in bijlagen I t/m 41. De resultaten van het simultaanonderzoek zijn voor een aantal jaren aan de hand van Cl-klassen uitgezet in kaarten I t/m VI, die van de frequentere bemonstering in kaarten VII t/m X. Het verloop van het Cl-gehalte van een aantal boezem- en polderpunten is weergegeven in bijlagen 42 t/m 56 (van het Rijn-, IJssel- en IJsselmeerwater in bijlage 50). De resultaten van de correlatie- en regressieberekeningen zijn gegeven in bijlagen 57 t/m 66.

## 6.2. Chloridegehalten boezemwater

Uit de resultaten blijkt dat het chloridegehalte in de boezemwateren in de gemiddelde zomer (1968 t/m 1978) uiteenloopt van circa 260 mg per liter in gebieden B en C tot circa 490 mg/l in gebied E. In enkele droge zomers, zoals in 1972 en 1976, zijn de verschillen groter. In bepaalde gebieden komen gemiddelde Cl-gehalten voor van 600 tot 770 mg/l. In de winterhalfjaren zijn de verschillen ondanks het neerslagoverschot nauwelijks geringer. Dit kan worden toegeschreven aan lozing van meer polderwater, dat plaatselijk hoge chlorideconcentraties bevat. De gehalten in een gemiddelde winter lopen uiteen van circa 260 mg in gebied C tot circa 570 mg/l in gebied A (zie tabel 6, blz. 27). Plaatselijk zoals aan het einde van de watertransportweg naar Den Helder, in de omgeving van het Amstelmeer (inclusief het Balgzandkanaal en in de Van Ewijkvaart), in de Hondsbossche Vaart en in de omgeving van het Noordzeekanaal komen als gevolg van lek- en schutzout alsmede door interne lozingen van zout polderwater regelmatig Cl-gehalten voor van meer dan 1000 mg en zelfs, zoals bij Den Helder, meer dan 2000 mg per liter. Enkele monsterpunten met name 118 in het Noordhollandsch Kanaal bij de Spoorweghaven in Den Helder, punt 33 in de Nauernasche Vaart bij de Schutsluis en punt 110 in de Hondsbossche Vaart zijn voor verdere bewerkingen buiten beschouwing gelaten. De Cl-gehalten bij deze punten wijken zo sterk af als gevolg van directe invloed van lek- of schutzout, dat hierdoor een vertekend beeld van de situatie kan ontstaan.

Het verloop van de gemiddelde chlorideconcentraties geeft in de onderscheiden zomers en winters voor de verschillende gebieden een overeenkomstig beeld, alleen de mate van verzilting verschilt aanzienlijk. Opvallend is dat het verloop van het Cl-gehalte van het ingelaten water duidelijk overeenkomt met het verloop in het boezemwater. In gebieden B en C is het verloop vrijwel hetzelfde, de gemiddelde concentraties komen in enkele jaren boven de 300 mg Cl<sup>-</sup>/l. De situatie in gebied D, Schermerboezem-Noord, is beduidend slechter dan in de overige detailgebieden. De gemiddelde chlorideconcentratie loopt in zomer en winter uiteen van 280 tot 520 mg/l. De gebieden A en E wijken qua verloop enigszins af (zie fig. 3).

In fig. 4 en 5 is het verloop van het Cl-gehalte tussen enkele markante punten in het boezemwater van vier trajecten voor de zomers van een vijftal jaren uitgezet. De gemiddelde toename in het traject Lutje Schardam (m.p. 21) - Kooybrug/Westeinde (respectievelijk m.p. 2 en 6) namelijk van inlaat tot vrijwel het einde van de transportweg bedraagt circa 60 mg Cl<sup>-</sup>/l (fig. 4A). In het traject Lutje Schardam (inlaat m.p. 21) - Van Ewijcksluis (m.p. 5) neemt de chlorideconcentratie voor de verschillende jaren toe van 370 tot 1000 mg per liter. Vanaf Kanaal Omval-Kolhorn (m.p. 98) vindt de grootste stijging plaats voornamelijk als gevolg van de invloed van het Amstelmeer, dat in de zomerhalfjaren duidelijk tot uiting komt (fig. 4B).

In de transportweg Monnikendam (m.p. 31) - Zaandam (m.p. ) bedraagt de gemiddelde stijging voor de verschillende jaren 50 tot 100 mg Cl<sup>-</sup>/l. Na Purmerend (m.p. 67) neemt het Cl-gehalte toe, eveneens als gevolg van zouter water dat onderweg op de boezem wordt geloosd (fig. 5A). In het laatste traject Monnikendam (m.p. 31) - Nauerna (m.p. 33) vindt er vanaf West-Knollendam (Tapsloot m.p. 62) een sterke stijging plaats. Omdat de waterafvoer slechts gering is, blijft het Cl-gehalte in de Nauernasche Vaart hoog. De invloed van het lozingswater van de aangrenzende polders en van het lek- en schutzout bij de Nauernasche Sluis is duidelijk merkbaar (fig. 5B). In alle trajecten zijn er verschillen tussen de jaren onderling. Deze verschillen treden echter niet systematisch op. In de droge zomers komen niet altijd de hoogste concentraties voor. Dit kan enerzijds worden toegeschreven aan de geringe hoeveelheid polderwater, dat in droge zomers wordt geloosd, anderzijds wordt het boezemwater sterk beïnvloed door de chlorideconcentraties van het ingelaten Markermeerwater, dat gemiddeld niet boven de 300 mg/l uitkomt.

### 6.3. Chloridegehalten polderwater

De kwaliteit van het polderwater is beschreven aan de hand van de Cl-gehalten van het simultaan- en overig verziltingsonderzoek. De resultaten van de frequentere bemonstering (hoofdzakelijk bij gemalen) zijn gemiddeld over de jaren 1977 en 1978 opgenomen in tabel 7 (blz. 36). Mede aan de hand van de kaartbeelden I tot en met X kan de situatie als volgt worden omschreven.

- In gebied A (Schermerboezem-Zuid en Waterland) lopen de zomergemiddelden in het polderwater uiteen van circa 300 tot circa 1500 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (klassen 4 t/m 7). De maximumwaarden liggen, vooral in de kwelpolders, aanzienlijk hoger. De situatie in de winterhalfjaren is in het algemeen niet veel anders, de extreme gehalten zijn regelmatig hoger. De minimumgehalten variëren van 120 tot 550 mg/l (klassen 1 t/m 5). Sterk verzilt water komt onder andere voor in de drooggemaakte Veenpolder, polder de Wijde Wormer en de meren in Waterland. Matig verzilt is het water in overig Waterland. Hoge concentraties worden voor een groot deel veroorzaakt door het zoute kwelwater en het water uit de gasbronnen (voor lokatie polders zie fig. 1c, blz. 11).
- In gebied B (Schermerboezem-Midden) waarin grote droogmakerijen als de Beemster, de Purmer en de Schermer voorkomen, liggen de Cl-gehalten op een betrekkelijk laag niveau, namelijk van circa 240 tot 500 mg/l (klassen 2 t/m 4). In de zomers zijn de gemiddelden hoger, in de winters de maxima. Hogere concentraties van 700 en 1500 mg/l worden onder andere aangetroffen in de Schermer en polder Graftemeer. De maxima bereiken waarden van circa 1700 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (voorkomende klassen 5 t/m 7).
- De situatie in gebied C (Verenigde Raaksmaats- en Niedorperkoggeboezem, Schagerkoggeboezem en Schermerboezem-West) kan worden beschouwd als redelijk tot goed. De gemiddelde Cl-gehalten lopen in de zomers uiteen van 220 tot 330 mg/l (klassen 2 t/m 4), in de winters zijn de concentraties circa 50 tot 70 mg lager. Er komen minima voor van rond de 100 mg/l. In het gebied ten westen van het Noordhollandsch Kanaal komt sterk verzilt water voor in de Leipolder en de Verenigde Harger-Pettepolder (meer dan 10 000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ ). Dit is een gevolg van dijkskwel. Het water in de overige polders heeft zomers een Cl-gehalte van gemiddeld 600 mg/l en in de winters 400 mg/l (klassen 4 en 5). In de polders langs de duinen is het gemiddeld Cl-gehalte lager namelijk circa 200 mg/l.
- In gebied D (Schermerboezem-Noord) lopen de gemiddelde concentraties uiteen van 100 tot 500 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (klassen 1 t/m 4). In het zuidwesten van de Zijpe- en Hazepolder en in polder Koe gras komen hogere gehalten voor, namelijk van 750 tot 1000 mg/l (klasse 6) (zie kaarten I t/m VI, bijl. 8 t/m 20).

- In gebied E (Amstelmeerboezem en de Wieringermeer) komen aanzienlijk hogere concentraties voor dan in de andere gebieden. In het westelijk deel van de Anna Paulownapolder lopen de gehalten zomers uiteen van 600 tot meer dan 1000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (klassen 5 t/m 7), 's winters van 300 tot 750 mg/l (klassen 3 t/m 5). Het polderwater ten oosten van de Van Ewijkstraat en het Oude Veer (Oostpolder) is aanzienlijk zouter en bevat in zomer en winter meer dan 1000 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ . Incidenteel zijn extreme waarden van meer dan 2000 mg gemeten. In de meeste gevallen komen de gehalten overeen met klassen 7 en 8. In het polderwater van de Wieringerwaard, de Waard- en Groetpolder lopen de  $\text{Cl}$ -gehalten respectievelijk uiteen van 350 tot 1000 mg in de zomers en van 250 tot 750 mg/l in de winters. Deze concentraties komen overeen met klassen 2 en 3, 3 en 4 en in de Groetpolder met klassen 5 en 6. De maximumwaarden komen boven de 2000 mg (klasse 8). In de Wieringermeer komen de hoogste concentraties voor. De fluctuatie binnen de polder is bijzonder groot, namelijk van 1100 en 900 mg/l in respectievelijk zomers en winters in het westelijke gedeelte (klassen 6 en 7), van 5500 tot 4200 en van 4400 tot 3000 mg/l in respectievelijk zomer en winter in het oostelijke gedeelte (klasse 8). In het slootwater komen maxima voor van 6100 tot 6500 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$ .
- In gebied F (Westfriesland) zijn de  $\text{Cl}$ -gehalten in het algemeen laag en lopen in de gemiddelde zomer en winter uiteen van respectievelijk 220 tot 450 mg en van 150 tot 350 mg/l (klassen 2 t/m 4 en 1 t/m 4). De maxima liggen 50 tot 100 mg hoger (klassen 3 t/m 5). De minimumgehalten bereiken in de zomer waarden van 100 tot 270 mg en in de winter van 60 tot 150 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (vrijwel allen in klasse 1). De hoogste concentraties namelijk van circa 500 mg/l komen onder andere voor in de Baarsdorpermeer en plaatselijk in de Westerkogge. In beide polders komen veel gasbronnen voor.

#### 6.4. Verloop chlorideconcentraties

Ter illustratie zijn voor een aantal markante plaatsen in het boezem- en polderwater verlooplijnen gemaakt, waarin eventuele fluctuaties van het  $\text{Cl}$ -gehalte over een langere periode kan worden waar-

genomen.

Uit het verloop van de chlorideconcentraties in de verschillende trajecten van het boezemwater, vanaf inlaat vanuit het IJsselmeer c.q. Markermeer tot aan het einde van de transportweg, zijn duidelijk seizoensinvloeden waarneembaar. Opvallend is dat de hogere chlorideconcentraties zowel in de zomer- als in de winterhalfjaren voorkomen. Dit kan onder andere worden toegeschreven aan de hoeveelheid uitgeslagen polderwater en het Cl-gehalte hiervan. Uit de verlooplijnen is te constateren dat de in de provincie genomen maatregelen plaatselijk duidelijk aantoonbaar zijn. In dit verband kan worden genoemd: het gebruik van de sluizen 'De Helsdeuren' bij Den Helder, het nieuwe Zaangemaal bij Zaandam, het plaatselijk uitmalen van het zoute zeewater, het gebruik van het zogenaamde luchtbellenscherm (zoals te IJmuiden in het Noordzeekanaal) en de frequente doorspoeling van de boezem. Hierdoor is een aanzienlijke kwaliteitsverbetering verkregen in de vorm van het terugdringen van zout c.q. verlaging van het Cl-gehalte (zie bijl. 42, 51, 44 en 53). Het verloop van de overige punten in de boezemtrajecten wordt weergegeven in bijl. 43 en 52.

Het verloop van het Cl-gehalte in enkele polders wordt weergegeven in bijl. 45 t/m 49 en 54 t/m 56. In de Schermer verloopt het Cl-gehalte onregelmatig met duidelijke niveauverschillen tussen de twee gemalen, mede als gevolg van het verschil in kwaliteit van het kwelwater. In polder Heerhugowaard is het verloop regelmatiger. In beide polders treedt na 1974 een aanzienlijke verbetering op (bijl. 54). De beelden in de Wieringermeer vertonen een zeer wisselend en grillig verloop. Ook hier zijn de verschillen van het Cl-gehalte van het kwelwater debet aan (bijl. 48, 49 en 55). Eenzelfde beeld wordt waargenomen in polder De Wijde Wormer (bijl. 46). In een aantal andere polders, met name Geestmerambacht, Twiskepolder, Drieban-Oosterpolder en het Grootslag in Westfriesland en in infiltratiepolders zoals Zeevang verlopen de chlorideconcentraties regelmatiger. De invloed van veranderde omstandigheden door bijvoorbeeld uitgevoerde ruilverkavelingen zijn plaatselijk duidelijk merkbaar. In onder andere het Grootslag en Geestmerambacht lijkt dit geleid te hebben tot verlaging van het Cl-gehalte, mede als gevolg van passende maatregelen voor doorspoeling (bijl. 45, 47, 56).

## 6.5. C o r r e l a t i e s   c h l o r i d e   g e h a l t e n

- Uit figuur 6 (blz. 43) blijkt dat in vrijwel alle detailgebieden een lineair verband bestaat tussen de Cl-gehalten van het boezemwater en het ingelaten Markermeerwater. Dit betekent dat het gehalte in de boezemwateren gemiddeld in de zomers toeneemt naarmate de chloride concentratie in het Markermeerwater hoger is. De verschillen in correlatie-regressiecoëfficiënten tussen de gebieden onderling zijn het gevolg van de invloed door interne zoutbronnen.
- Gezien het vaak grillige neerslagpatroon en het vertragingseffect ten aanzien van eventuele veranderingen in chlorideconcentraties is er geen direct verband tussen neerslag en Cl-gehalte aantoonbaar. Uit tabel 6 en fig. 7 blijkt echter dat, met gebruik van halfjaarlijkse gemiddelden, er een duidelijke invloed aanwezig is. In het algemeen stijgt het Cl-gehalte bij een geringere neerslaghoeveelheid zowel in de zomer- als in de winterhalfjaren, terwijl bij meer regenval een sterk verdunningseffect optreedt.

## 6.6. I n v l o e d   R i j n - I J s s e l ,   ' I J s s e l m e e r '   o p C l - g e h a l t e

- Nagenoeg al het water, dat in het onderzoeksgebied van Noord-Holland wordt ingelaten, wordt geleverd door het Markermeer, dat onder andere gevoed wordt door de waterafvoer van de aangrenzende gebieden. Een belangrijke aanvoer van water levert de IJssel, die via het stroomgebied van Gelderland en Overijssel water transporteert naar Kampen, waar het in het IJsselmeer komt. In de droge zomer van 1976 was de afvoer van deze rivier circa  $260 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , in een 'normale' zomer circa  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . De IJssel wordt mede gevoed door de Rijn. Dit betekent dat de kwaliteit van het Rijnwater bij Lobith indirect van invloed kan zijn op die van het IJsselmeer c.q. Markermeer. Uit fig. 9 blijkt dat het verband tussen de Cl-gehalten van het Rijnwater (bij Lobith) en die in de IJsselmond bij Kampen in de gemiddelde zomers van 1968 t/m 1978 lineair verloopt (correlatie- en regressiecoëfficiënt respectievelijk 0,98 en 1,08). Hieruit blijkt dat de chlorideconcentratie tijdens het transport door de IJssel nauwelijks verandert. Het verband tussen de Cl-gehalten van de Rijn/IJssel en van het Marker-

meer is minder duidelijk. Dit moet worden toegeschreven aan de veranderingen in het IJsselmeer c.q. Markermeer.

De Cl-gehalten van het Rijn- en Markemeerwater correleren vrij nauw met die van het boezemwater in Noord-Holland (zie fig. 10). In de periode 1968 t/m 1978 lopen de zomergemiddelden van het Rijn- en IJsselwater uiteen van 115 mg (in 1970) tot 245 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  (in 1976); in het Markermeer in dezelfde periode van 160 tot 275 mg/l. De toename van de chlorideconcentratie vanaf de Rijn bij Lobith tot in het Markermeer bedraagt in de gemiddelde zomer (1968-1978) circa 60 mg/l (tabel 6, blz. 27). Uit het verloop van het Cl-gehalte, weergegeven in bijlage 50, blijkt eveneens de invloed van het Rijn- c.q. IJsselwater op dat van het IJsselmeer. Gehalten van meer dan 300 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  komen slechts incidenteel voor.

#### 6.7. Invloed verzilting op gebruiksmogelijkheden van het oppervlaktewater

Voor diverse doeleinden worden grenswaarden voor chloride gesteld. Voor een aantal hiervan zijn de waarden weergegeven in tabel 4. De resultaten van dit onderzoek wijzen uit, dat de gestelde normen van minder dan 100 mg tot circa 250 mg in een groot aantal boezem- en polderwateren voor korte of langere tijd wordt overschreden. Ook de door het IMP opgegeven grenswaarde van 200 mg  $\text{Cl}^-/\text{l}$  voor oppervlaktewater wordt in de meeste gevallen niet gehaald. De genoemde waarden hebben betrekking op het gebruik van water voor onder andere drinkwater, industrie en tuinbouw onder glas. Van de vollegrondstuinbouw zullen vooral de gevoelige gewassen, met name die van de sierteelt (bloembollen), zaad-, blad- en peulgewassen schade kunnen ondervinden van de voorkomende Cl-gehalten in het beregenings- of infiltratiewater. In dit verband kan worden genoemd de teelt van tuinbouwgewassen in onder andere Geestmerambacht, Zijpe- en Hazepolder, Anna Paulownapolder, Wieringermeer en incidenteel in Westfriesland. Voor een groot aantal vollegrondstuinbouwgewassen en akkerbouwgewassen voldoet de chlorideconcentratie van het oppervlaktewater aan de gestelde eisen. De kwaliteit van het boezemwater, dat hoofdzakelijk gedurende de zomerperiode als inlaatwater voor de polders wordt gebruikt, voldoet in het algemeen aan de



normen die vallen in de Cl-klassen van 1 t/m 4 (<100 tot 500 mg/l). In een aantal polders, veelal kwelpolders komt de kwaliteit overeen met Cl-klassen 5 t/m 7 (500 tot <2000 mg/l). In deze gevallen is voorzichtigheid geboden, omdat bij de teelt van een aantal gewassen opbrengstreductie kan optreden. Uit de in deze nota beschreven situaties kan worden gedestilleerd waar en in welke mate bepaalde chlorideklassen worden overschreden.

Tenslotte kan worden opgemerkt, dat de kwaliteit van het oppervlaktewater ten aanzien van het chloridegehalte in de laatste jaren verbeterd is, speciaal in de boezemwateren. Dit kan voor het merendeel worden toegeschreven aan het beleid c.q. aan de genomen maatregelen door de beheersinstanties in Noord-Holland. De verzilting, voornamelijk in het polderwater, blijft een zaak van oplettendheid en zorg. Bij een goede kwaliteit van het IJsselmeer- c.q. Markermeerwater zal het effect van frequente doorspoeling van boezem- en polderwater van essentiële betekenis kunnen zijn.

## 7. LITERATUUR

DAAMEN, S.H.B. en C.G. TOUSSAINT, 1980. De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal en het IJ. Werkgroep Noord-Holland XXIII. Nota ICW 1223.

COMMISSIE WATERVOORZIENING NOORD-HOLLAND BENOORDEN HET NOORDZEEKANAAL, 1977. Interimrapport Waterbehoefte.

——, 1980. De waterbehoefte van het vaste land van Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal.

DRENT, J., J. HOEKS en J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1968. Kwantitatieve en kwalitatieve aspecten van het waterverbruik in de industrie. Nota ICW 876.

HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DE UITWATERENDE SLUIZEN IN KENNEMERLAND EN WEST-FRIESLAND, 1968-1975. Jaarverslagen en interne rapporten van Technische Dienst.

——, 1980. Fysisch-chemische waterkwaliteit in het beheersgebied van het Hoogheemraadschap 1976-1977-1978.

- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1975 en 1981. De bestrijding van de verontreiniging van het oppervlaktewater. Indicatief meerjarenprogramma 1975-1979, 1980-1984.
- INTERNATIONALE COMMISSIE TER BESCHERMING VAN DE RIJN (IRC). Jaarverslagen 1959-1972.
- 
- POMPER, A.B., 1979. De geologische en geohydrologische opbouw van Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal. Nota ICW 1135.
- PROVINCIALE WATERSTAAT VAN NOORD-HOLLAND, 1959-1976. Jaarverslagen onderzoek naar het chloridegehalte in het oppervlaktewater van Noord-Holland.
- , 1979. Onderzoek naar het chloridegehalte van het oppervlaktewater 1977.
- , 1981. Verzilting in boezem- en polderwateren in Noord-Holland. Periode 1 januari 1978 tot en met 31 maart 1979.
- REES VELLINGA, E. VAN en H. WITT, 1980. De chemische samenstelling van het grondwater in Hollandsnoorderkwartier. Werkgroep Noord-Holland XXII. Nota ICW 1258.
- RYHINER, A.H. en K.E. WIT, 1981. Waterbalansen oppervlakte- en grondwater voor een aantal polders in Noord-Holland benoorden het IJ. Werkgroep Noord-Holland XXIV. Nota ICW 1262.
- RYHINER, A.H., 1981. De stoffenbalans (Cl, N, P) in het oppervlaktewater van een aantal polders. Grond- en oppervlaktewater Noord-Holland. Concept hoofdrapport hoofdstuk VI.
- RIJNCOMMISSIE WATERLEIDINGBEDRIJVEN (RIWA), 1972-1979. Jaarverslagen. RIJKSWATERSTAAT. Directie Waterhuishouding en Waterbeweging. District Noord. Zoutreis IJsselmeer en Randmeren.
- RIJTEMA, P.E., 1975. Water quality criteria for agricultural water use. Nota ICW 856.
- SCHAEFER, C.O., 1971. Kwaliteitseisen voor drinkwater. H<sub>2</sub>O 4,12.
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1954-1957. Rapport van de verkenning van de bodemgesteldheid van noordelijk, midden en zuidelijk gedeelte van de provincie Noord-Holland.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M. en S.H.B. DAAMEN, 1981. Water-chloridebalans van de Schermerboezem (april 1974 tot en met maart 1979). Nota ICW (in voorbereiding). Werkgroep Noord-Holland XXXI.

- TOUSSAINT, C.G. en T. BOOGAARD, 1978. Chloride-, stikstof- en fosfaat-belasting van polderwater door gas- en koelbronnen. Werkgroep Noord-Holland II. Nota ICW 1061.
- TOUSSAINT, C.G. en J. PANKOW, 1981. Waterkwaliteitsonderzoek in enkele proefpolders in Noord-Holland benoorden het Noordzeekanaal en het IJ. Werkgroep Noord-Holland XXVIII. Nota ICW 1279.
- WILDE, J.G.S. DE, 1979. Begrenzing, oppervlakte, afvoer en peilen van de polders in Noord-Holland ten noorden van het IJ en het Noordzeekanaal. Werkgroep Noord-Holland IX. Nota ICW 1160.
- WIT, K.E., 1981. Hydrologische berekeningen in Noord-Holland. Concept hoofdrapport grond- en oppervlaktewater Noord-Holland, hoofdstuk IV.
- WITT, H., 1980. Het chloridegehalte van het grondwater in Noord-Holland benoorden het IJ en het Noordzeekanaal. Werkgroep Noord-Holland X. Nota ICW 1173.

#### BIJLAGEN

Kaarten I t/m VI	Chloridegehalten in boezem- en polderwater van het simultaanonderzoek
" VII t/m X	Chloridegehalten in boezem- en polderwater van frequentere bemonstering
Bijlage 1 t/m 3	Overzichtstabellen chloridegehalten Rijkswateren per zomer- en per winterhalfjaar
" 4 " 7	Overzichtstabellen chloridegehalten boezemwater van simultaanonderzoek per zomer- en per winterhalfjaar
" 8 " 20	Overzichtstabellen chloridegehalten polderwater van simultaanonderzoek per zomer- en per winterhalfjaar
" 21 " 36	Overzichtstabellen chloridegehalten boezemwater van frequentere opnamen per zomer- en per winterhalfjaar per detailgebied
" 37 " 41	Overzichtstabellen chloridegehalten polderwater van frequentere opnamen per zomer- en per winterhalfjaar per detailgebied

Bijlage	42 t/m 44	Verlooplijnen in boezemwater van simultaanonderzoek
"	45 " 49	Verlooplijnen in polderwater van simultaanonderzoek
"	50	Verlooplijnen in Rijn-, IJssel- en IJsselmeerwater
"	51 " 53	Verlooplijnen in boezemwater van frequente opnamen
"	54 " 56	Verlooplijnen in polderwater van frequente opnamen
"	57 " 66	Correlatie- en regressieberekeningen tussen het chloridegehalte van het ingelaten Markermeerwater en van een aantal monsterplaatsen in de boezem